



Diogo Martins Gonçalves

Licenciado em Ciências da Engenharia do Ambiente

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE RECOLHA SELETIVA DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
do Ambiente, Perfil de Ordenamento do Território e Avaliação
de Impactes Ambientais

Orientador: Prof.^o Doutor Pedro Manuel da Hora Santos
Coelho, Professor Auxiliar, FCT-UNL

Co-orientador: Prof.^a Doutora Maria da Graça Madeira
Martinho, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Ana Isabel Espinha da Silveira

Vogais: Prof. Doutor Pedro Manuel da Hora Santos Coelho

Prof. Doutora Maria da Graça Madeira Martinho

Doutora Ana Lúcia Lourenço Pires



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Outubro de 2013

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE RECOLHA SELETIVA DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS.

COPYRIGHT © 2013, Diogo Martins Gonçalves, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa. Todos os direitos reservados

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Esta dissertação foi realizada no âmbito de uma bolsa de investigação financiada pela SOGILUB.

Aos melhores Pais do mundo, pelos 25 anos de formação constante...

AGRADECIMENTOS

O primeiro agradecimento vai para os meus dois orientadores, o Prof.º Doutor Pedro Santos Coelho e a Prof.ª Doutora Maria da Graça Martinho, pela orientação, apoio e incentivo durante a realização desta dissertação, bem como pela oportunidade que me proporcionaram em colaborar no projeto de investigação sob sua coordenação, *desenvolvimento de um sistema de recolha seletiva de óleos lubrificantes usados*, financiado pela SOGILUB, o qual, para além de ter sido um suporte à componente prática desta dissertação, permitiu adquirir importantes competências profissionais e pessoais complementares à minha formação académica.

Ao Eng.º Rodrigo Alves, pela paciência, atenção e disponibilidade que sempre demonstrou quando foi por mim contactado. Agradeço-lhe muito.

À Doutora Ana Pires pela preciosa ajuda durante toda a realização desta dissertação, desde o início do projecto até à última revisão. Um grande obrigado.

À SOGILUB, responsável pelo financiamento do projeto, na pessoa do seu diretor, Dr. Aníbal Vicente, pela oportunidade que me foi dada para fazer parte deste projeto de investigação. Muito obrigado.

Um agradecimento particular às empresas de recolha de OLU que durante a realização do projecto demonstraram o seu apoio e facultaram documentos preciosos que permitiram eliminar determinados caminhos. Sem eles teria sido mais difícil chegar aqui.

À minha família, e em particular à minha mãe, pela força, palavras de incentivo e recomendações que me foi dando ao longo da elaboração desta dissertação. Sem ti tinha sido muito mais difícil. Muito obrigado mãe.

À minha Maria Inês, por todo o amor, carinho e força que sempre me deu e, mais importante, pela paciência que sempre teve comigo, principalmente nos momentos “roubados”. Muito obrigado minha bonequita.

Por último, aos meus amigos e colegas, pela bela jornada que percorremos juntos até ao presente.

A todos,

Muito obrigado!

SUMÁRIO

O crescimento da população e das atividades económicas, associados às alterações dos padrões de produção e consumo, conduziu ao aumento da exploração de recursos naturais e da consequente geração de resíduos, criando problemas ambientais e exigindo a adoção de novas políticas e procedimentos de gestão.

Em particular destaca-se o óleo lubrificante, matéria-prima nobre proveniente da refinação do petróleo, que se constitui como um resíduo perigoso depois de ser usado.

Devido à perigosidade do mesmo, a União Europeia estabeleceu, com as Diretivas n.º 75/439/CEE e n.º 87/101/CEE, transpostas para a ordem jurídica portuguesa através do Decreto-Lei n.º 153/2003, de 11 de julho, alterado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho metas de recolha e tratamento para este tipo de resíduos. Da aplicação do Decreto-Lei n.º 153/2003, de 11 de julho, surge a SOGILUB, sociedade gestora do SIGOU (sistema integrado de gestão de óleos usados), entidade responsável pelo cumprimento das metas de recolha e tratamento deste tipo de resíduos.

Paralelamente ao cumprimento das metas de recolha e tratamento, o Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, estabelece também como necessária a aplicação da recolha seletiva, sempre que tecnicamente exequível, a este tipo de resíduos. No entanto e apesar de já terem passado dez anos desde o primeiro documento legislativo sobre o tema, até à data não foi feito qualquer estudo de viabilidade técnica, económica ou ambiental sobre o assunto em Portugal.

Esta dissertação aborda a política de gestão de óleos usados, avaliando aspetos técnicos e estudando indicadores ambientais e económicos associados à possível aplicação de um modelo de recolha seletiva deste tipo de resíduos.

Os resultados obtidos permitiram concluir que, não só tecnicamente é exequível a sua prática, como ambientalmente e economicamente apresenta resultados bastante favoráveis.

Palavras-chave: Óleos Lubrificantes Usados; Recolha Seletiva; Recolha Seletiva de Óleos Usados

ABSTRACT

The growth of the population and his economic activities, associated with changes in patterns of production and consumption, has led to an increased exploitation of natural resources and the consequent generation of waste, creating environmental problems and demanding the adoption of new policies and management procedures.

In particular, the lubricant oil highlights a raw material that results from the refining of petroleum, which is a hazardous waste after use.

Due to the hazardous nature of it, the European Union established, with the Directives n.º 75/249/EEC and n.º 87/101/EEC, transposed into national law by the Law-Decree n.º 153/2003 of July 11, amended by the Law-Decree n.º 73/2011 of 17 June, collection and treatment targets for this type of waste. Of the implementation of the Law-Decree n.º 153/2003, of July 11, is created SOGILUB, the society that manages the SIGOU (Integrated Management System of Waste Oils), entity responsible for meeting the targets for collection and treatment of this kind of waste.

Parallel to the goals of collection and processing, the Law-Decree n.º 73/2011 of 17 June, sets as necessary the implementation of selective collection, when technically possible, for this type of waste. However, and despite having passed ten years since the first piece of legislation, is yet to be made a technical, economic and environmental study in the matter in Portugal.

This dissertation addresses the management policy of waste oils, assessing technical aspects, and studying environmental and economic indicators associated with the possible application of a model of selective of such waste.

The results confirmed that not only is technically feasible in practice, as environmentally and economically presents very favorable results.

Keywords: Used Lubricating Oils; Selective Collection; Selective Collection of Waste Oils

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ENQUADRAMENTO E RELEVÂNCIA DO TEMA	1
1.2. ÂMBITO E OBJETIVO.....	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO E POLÍTICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS	5
2.2. ÓLEOS LUBRIFICANTES:ASPETOS GERAIS	7
2.3. ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS	11
2.4. GESTÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS	13
2.4.1. PROBLEMÁTICA.....	13
2.4.2. SISTEMAS DE GESTÃO DE ÓLEOS USADOS	15
2.4.2.1. SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DE ÓLEOS USADOS (SIGOU)	15
2.4.2.2. SISTEMAS EUROPEUS DE GESTÃO DE ÓLEOS USADOS	21
2.5. PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÓLEOS USADOS	24
2.5.1. INTRODUÇÃO	24
2.5.2. RECICLAGEM.....	27
2.5.3. REGENERAÇÃO	29
2.5.4. PROCESSOS DE TRATAMENTO COM DESTINO À VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA.....	31
3. METODOLOGIA	37
3.1. PLANEAMENTO DO TRABALHO	37
3.2. VARIÁVEIS SELECIONADAS E PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS	37
4. RESULTADOS.....	39
4.1. CARATERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA	39
4.1.1. INTRODUÇÃO	39
4.1.2. ANÁLISE TÉCNICA	45
4.1.3. ANÁLISE ECONÓMICA.....	46
4.1.4. ANÁLISE AMBIENTAL	49
4.2. ANÁLISE DE CENÁRIOS	51
4.2.1. DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS ESTUDADOS.....	51
4.2.2. CÁLCULO DOS INDICADORES ECONÓMICOS E AMBIENTAIS ANALISADOS	52
4.3. RESULTADOS OBTIDOS PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS	56
4.3.1. CENÁRIO 0 – SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	56
4.3.2. CENÁRIO 1 – APLICAÇÃO DA RECOLHA SELETIVA COM FRACA ADESÃO DOS PRODUTORES.....	56
4.3.3. CENÁRIO 2 – APLICAÇÃO DA RECOLHA SELETIVA COM MÉDIA ADESÃO DOS PRODUTORES.....	57
4.3.4. CENÁRIO 3 – APLICAÇÃO DA RECOLHA SELETIVA COM GRANDE ADESÃO DOS PRODUTORES.....	57
4.3.5. CENÁRIO 4 – APLICAÇÃO DA RECOLHA SELETIVA COM MUITO GRANDE ADESÃO DOS PRODUTORES	56
5. DISCUSSÃO.....	61
5.1. RESULTADOS GLOBAIS.....	61
5.2. ANÁLISE TÉCNICA	63
5.2. ANÁLISE AMBIENTAL	63
5.3. ANÁLISE ECONÓMICA.....	66
6. CONCLUSÕES.....	69

6.1. SÍNTESE CONCLUSIVA	69
6.2. LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Hierarquia de opções de gestão de resíduos	7
Figura 2.2 Taxas de recolha de óleos usados a nível Europeu, em 2000	15
Figura 2.3 Funcionamento do SIGOU	20
Figura 2.4 Processo de tratamento de óleos usados	25
Figura 2.5 Fluxograma genérico do tratamento de óleos usados	26
Figura 2.6 Fluxograma dos processos de reutilização.....	27
Figura 2.7 Destinos de valorização de óleos usados no ano de 2011	28
Figura 2.8 Valores atingidos e objetivos de reciclagem para óleos usados.....	28
Figura 2.9 Valores atingidos e objetivos de regeneração para óleos usados.....	29
Figura 2.10 Fluxograma dos processos de fracionamento térmico	32
Figura 2.11 Fluxograma dos processos de gaseificação.....	33
Figura 2.12 Fluxograma dos processos de reproprocessamento rigoroso – processo <i>vaxon</i>	34
Figura 2.13 Fluxograma dos processos de reproprocessamento rigoroso – processo <i>trailblazer</i>	34
Figura 2.14 Fluxograma dos processos de reproprocessamento ligeiro	35
 Figura 4.1 Bidons de armazenamento de óleo usado	 45
Figura 4.2 Reservatório subterrâneo de óleo usado	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 Caracterização dos OLU recolhidos em Portugal	12
Tabela 2.2 Especificações técnicas para a recolha de óleos usados	18
Tabela 2.3 Rede de recolha e tratamento a operar no SIGOU	19
Tabela 2.4 Empresas responsáveis por realização da regeneração dos óleos usados recolhidos em Portugal	20
Tabela 4.1 Produção de óleos usados em França para o ano de 2011	40
Tabela 4.2 Estimativas de produção de óleos usados em Portugal no ano de 2011	41
Tabela 4.3 Especificações técnicas para os óleos usados passíveis de serem regenerados	42
Tabela 4.4 Especificações técnicas para os óleos usados que se destinem a reciclagem	42
Tabela 4.5 Tipos de óleo usado regeneráveis e recicláveis pela Associação de Refinarias do Canadá (ARC)	43
Tabela 4.6 Tipos de OLU produzidos e respetivos destinos de tratamento	44
Tabela 4.7 Quantidades de OLU passíveis de serem reencaminhados para regeneração e reciclagem	44
Tabela 4.8 Quantidades de OLU efetivamente enviados para tratamento (regeneração e reciclagem)	45
Tabela 4.9 Receitas registadas pela SOGILUB para o ano de 2011	46
Tabela 4.10 Custos comportados pela SOGILUB para o ano de 2011	47
Tabela 4.11 Preço de venda de óleo enviado para regeneração e reciclagem	48
Tabela 4.12 Inputs e Outputs resultantes das três fases de tratamento de OLU	49
Tabela 4.13 Balanço dos Inputs e Outputs resultantes das três fases de tratamento de OLU	50
Tabela 4.14 Inputs e Outputs resultantes da fase de tratamento relativos à situação de referência	50
Tabela 4.15 Indicadores de desempenho ambiental anuais	51
Tabela 4.16 Quantidades de OLU recolhido seletivamente e indiscriminadamente	54
Tabela 4.17 Valores económico-ambientais do cenário 0	56
Tabela 4.18 Valores económico-ambientais do cenário 1	56
Tabela 4.19 Valores económico-ambientais do cenário 2	57
Tabela 4.20 Valores económico-ambientais do cenário 3	58
Tabela 4.21 Valores económico-ambientais do cenário 4	58
Tabela 5.1 Variáveis económico-ambientais estudadas	62
Tabela 5.2 Ganhos ambientais potenciais (face a valores registados para situação de referência)	65
Tabela 5.3 Ganhos económicos potenciais (face a valores registados para situação de referência)	66

ACRÓNIMOS E SÍMBOLOS

ADEME - *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie*

AEA – Agência Europeia para o Ambiente

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

API – *American Petroleum Institute*

ARC – Associação de Refinarias do Canadá

CEE – Comunidade Económica Europeia

CER – Catálogo Europeu de Resíduos

Cd – Cádmio

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

Cr – Crómio

Cu – Cobre

DGGE – Direção Geral de Geologia e Energias

€ - Euro

ETAR – Estação Tratamento Águas Residuais

H₂S – Ácido Sulfídrico

HAP – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

HC – Hidrocarbonetos não queimados

HCl – Cloreto de Hidrogénio

HDV – Veículos Pesados de Mercadorias

kt – quilotoneladas (1 kt = 1 000 toneladas)

KOH – Hidróxido de Potássio

LER – Lista Europeia de Resíduos

M – Milhão

MEET – *Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption*

NaOH – Hidróxido de Sódio

Ni – Níquel

NO_x – Óxidos de Azoto

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

OLU – Óleos Lubrificantes Usados

Pb – Chumbo

PCB – Bifenilpoliclorado

PM - Partículas

PrOU – Produtores de Óleos Usados

PrON – Produtores de Óleos Novos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RUB – Resíduos Urbanos Biodegradáveis

\$ – Dólares

SAE – *Society of Automotive Engineers*

SIGOU – Sistema Integrado de Gestão de Óleos Usados

SOGILUB – Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda.

TCE – Tricloroetileno

UNECE – *United Nations Economic Commission for Europe*

VOC – Compostos Orgânicos Voláteis

Zn – Zinco

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO E RELEVÂNCIA DO TEMA

O rápido crescimento das quantidades de resíduos gerados nos vários países europeus é, neste momento, umas das maiores preocupações em termos ambientais. Segundo a Agência Europeia para o Ambiente (AEA, 2013), atualmente, é registada uma produção anual de 250 milhões de toneladas de resíduos municipais e mais de 850 milhões de toneladas de resíduos industriais. Ainda segundo esta agência, a taxa de aumento de resíduos para os países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) é de 3% ao ano. Torna-se deste modo evidente a importância da problemática ambiental da gestão de resíduos.

Assim, surge a necessidade de os gerir. Com tal finalidade foram criados os sistemas de gestão de resíduos, os quais se encontram em constante atualização. Problemáticas ambientais, como a multiplicação de zonas de aterro levam, em geral, a um aumento da preocupação, conduzindo a determinadas alterações.

Em termos nacionais, o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, com a redação dada pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho (Regime Geral de Gestão de Resíduos), transpõe para o ordenamento jurídico nacional a Diretiva n.º 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro (Diretiva Quadro dos Resíduos) na qual é reforçada a hierarquia para a gestão de resíduos. A redução, através de iniciativas de prevenção, é prioritária, seguindo-se a preparação para reutilização e a reciclagem; a eliminação constituirá sempre uma solução de último recurso.

A cada Estado-Membro é ainda exigido o cumprimento de objetivos de gestão e metas de reutilização, reciclagem e valorização para determinados fluxos específicos de resíduos, estabelecidos através de Diretivas transpostas para a legislação nacional de cada país.

Considerando o caso específico em estudo, os óleos lubrificantes, estes são produtos utilizados para reduzir o atrito dos componentes móveis das máquinas, diminuir o seu desgaste, manter as superfícies limpas e protegidas contra a corrosão e arrefecer partes metálicas. Dependendo da sua utilização, a base lubrificante pode ser de origem mineral (mistura de hidrocarbonetos obtidos na refinação de petróleo bruto), sintética (constituídas por derivados do petróleo que são sintetizados por reações químicas em laboratório) ou animal e vegetal (óleos biodegradáveis) (Martinho *et al.*, 2011).

No entanto, depois do seu uso, são resíduos considerados perigosos, devido às propriedades que apresentam. Contêm elevados níveis de hidrocarbonetos e metais pesados, sendo os mais representativos o chumbo (Pb), zinco (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni) e o cádmio (Cd). A presença deste tipo de metais pesados, associados a hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) faz deste resíduo uma substância perigosa. Assim, quando os óleos são lançados diretamente no ambiente (meio hídrico, redes de esgotos ou solos) ou quando estes são queimados de forma não-controlada, provocam graves problemas de poluição do solo, das águas e/ou do ar (UNEP, 1995).

Quando lançados no solo, contaminam o mesmo e as águas subterrâneas. Quando lançados em redes de águas residuais provocam danos na rede hídrica, conduzindo à contaminação dos meios recetores. Quando queimados provocam a libertação de substâncias tóxicas (como os PCB), metais pesados (como arsénio, cádmio e chumbo) e compostos orgânicos (como benzeno e naftaleno). Além destes potenciais impactes, os óleos lançados no meio hídrico cobrem a

superfície de água, formando uma fina película que impede a oxigenação e origina a morte por asfixia de peixes e plantas (UNEP, 1995).

Por este facto, os óleos lubrificantes usados necessitam de uma gestão adequada por forma a minimizar eventuais danos que possam vir a causar ao ambiente ou à saúde pública.

A Diretiva 75/439/CEE, relativa à eliminação de óleos usados, foi concebida para criar um sistema harmonizado de recolha, armazenamento, recuperação e eliminação de óleos usados, tal como os que são utilizados em veículos motorizados, turbinas, caixas de velocidades e diferenciais, entre outros. Está igualmente incluída nos objetivos desta Diretiva a proteção do ambiente contra os efeitos nocivos advindos da deposição ilegal e das operações de tratamento destes resíduos (Diretiva n.º 75/439/CEE).

Em Portugal, esta Diretiva foi transposta para a lei portuguesa na forma do Decreto-Lei n.º 153/2003, de 11 de julho, atualizado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho. Foi no quadro deste Decreto-Lei (n.º 153/2003, de 11 de julho) que se constituiu o regime jurídico para a gestão de óleos novos e de óleos usados em Portugal. Como resultado da aplicação deste Decreto-Lei surge licenciada, pelo Despacho Conjunto n.º 662/2005, de 6 de setembro, do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, e também do Ministério da Economia e da Inovação, a SOGILUB, Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda. (SOGILUB, 2012).

Esta entidade tem por objetivo a prestação de serviços de gestão integrada de óleos lubrificantes usados, incluindo a organização da recolha, transporte, armazenagem, tratamento e valorização (nomeadamente reciclagem, regeneração e valorização energética), a realização de estudos, campanhas, promoções e ações de comunicação, assim como, o desenvolvimento e manutenção informática de bases de dados (Martinho *et al.*, 2011).

Atualmente, a recolha deste tipo de resíduos já se estende à totalidade do território nacional, cumprindo-se também as metas estabelecidas em termos de tratamento e valorização dos mesmos. No entanto, e apesar de a recolha deste tipo de resíduos se efetuar com grande eficiência, não compreende ainda a componente de recolha seletiva, estabelecida como necessária, sempre que tecnicamente exequível, pelo Decreto-Lei n.º 73/2011. Ainda assim nunca foram realizados estudos de viabilidade (tanto técnica, como económica ou ambiental) relativamente à aplicação desta componente à atual recolha em Portugal. Esta limitação foi o ponto de partida da investigação desenvolvida no âmbito da presente dissertação.

1.2. ÂMBITO E OBJETIVO

Essa mesma limitação foi o ponto de partida para um projeto de investigação intitulado “Desenvolvimento de um sistema de recolha seletiva de óleos lubrificantes usados”, financiado pela SOGILUB – Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda (Protocolo SOGILUB/FCT-UNL), no qual se enquadra a presente dissertação.

O principal objetivo da mesma consistiu na análise da viabilidade técnica, económica e ambiental da implementação de um sistema de recolha seletiva de óleos lubrificantes usados, complementar ao atual sistema de recolha gerido pela SOGILUB.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema, referindo-se a relevância do mesmo, o âmbito, o principal objetivo e a organização da dissertação.

No segundo capítulo é feita uma revisão da literatura sobre o tema óleos lubrificantes usados e legislação aplicável, referindo-se desde características e constituição dos mesmos, até caracterização de sistemas de gestão para este tipo de resíduos, em Portugal e nalguns países europeus. Ainda neste capítulo é analisado o estado da arte sobre processos de tratamento de óleos usados a nível europeu, abordando-se as principais técnicas e processos de tratamento de óleos usados com destino a reutilização, regeneração e também queima direta.

No terceiro capítulo é referida a metodologia utilizada nesta dissertação para atingir o objetivo proposto.

No quarto capítulo é realizada uma caracterização da situação de referência, analisada sobre uma perspetiva económica e ambiental adequada à atual realidade de mercado. Também neste capítulo são analisados diferentes cenários, criados com o intuito de melhor perceber e simular a realidade da recolha seletiva de óleos usados.

No quinto capítulo são discutidos os resultados obtidos.

No sexto capítulo são apresentadas as conclusões alcançadas. Neste capítulo estão também expressas as limitações que esta dissertação apresenta e são referidas recomendações para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO E POLÍTICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS

O modelo de crescimento das sociedades, alicerçado na urbanização e industrialização, tem tido como consequência a geração crescente de resíduos sólidos e de tipologia mais diferenciada. Este é um problema que importa avaliar e solucionar com recurso às tecnologias ambientais desenvolvidas, no sentido de minimizar os danos provocados (Rosa, 2009).

Consideram-se resíduos quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou a obrigação de se desfazer (Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho). Importa contudo sublinhar que por ainda se verificarem diferenças nas legislações dos diversos países europeus, não existe uma definição única de resíduo a nível Europeu (Rosa, 2009).

Segundo Clift *et al.* (2000), no passado, o setor de gestão de resíduos era sustentado num sistema sem controlo sobre a composição do fluxo de resíduos recebidos. Foram sendo aplicadas abordagens uniformes de tratamento e eliminação para avaliar os benefícios da classificação do resíduo ou para confrontar distintas estratégias de recuperação de matéria e energia, embora sem se aplicarem os métodos específicos a cada tipologia de resíduo (Clift *et al.*, 2000, citado em Rosa, 2009).

Uma linha geral de orientação para a gestão dos resíduos foi desenvolvida, denominando-se por hierarquia de gestão de resíduos. Esta nova abordagem na gestão de resíduos permitiu que a recuperação de recursos se estabelecesse como parte integrante na estratégia de gestão de resíduos, possibilitando o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento de resíduos (Rosa, 2009).

O conceito de hierarquia na gestão de resíduos é aceite como a base da gestão integrada de resíduos, onde as alternativas devem ser sistematicamente analisadas, possibilitando que o resíduo seja gerido com menores efeitos negativos no ambiente, requerendo, para tal, a combinação entre o uso sustentável do recurso e gestão ambiental (Rosa, 2009).

Apesar das estratégias de gestão de resíduos dependerem de inúmeros fatores, como o tipo de resíduo, a localização do resíduo, entre outros, ao aplicarem-se diferentes métodos deve estar subentendida a necessidade de subir nos níveis hierárquicos, de modo a implementar-se um sistema integrado (Rosa, 2009).

Nas últimas duas décadas, a gestão de resíduos no espaço europeu tem tido desenvolvimentos consideráveis. Desde o simples transporte do resíduo e à sua chegada às áreas de armazenagem, até à criação de sistemas integrados de gestão, muitas alterações já aconteceram desde a primeira peça legislativa lançada na década de 1970.

Foi em 1975, com a publicação da primeira diretiva neste domínio, a Diretiva 75/442/CEE, que a Comunidade Económica Europeia (CEE) começou a definir uma política de gestão de resíduos, embora dando flexibilidade às autoridades nacionais na escolha da forma e dos métodos para a sua implementação (Martinho *et al.*, 2011).

Com o início da década de 1980 surgiram os primeiros sistemas integrados de gestão de resíduos, apresentando uma maior complexidade face aos antecessores.

Estes sistemas incluíam a separação na fonte de resíduo reciclável e perigoso, bem como instalações de reciclagem e compostagem, tendo sido introduzidos e desenvolvidos nos países mais industrializados (Salhofer *et al.*, 2005, citado em Rosa, 2009).

Nos finais dos anos da década de 1980 e durante a década de 1990 a União Europeia publicou um vasto conjunto de instrumentos (diretivas e regulamentos) sobre resíduos. Este esforço visou contemplar, quer os aspetos mais globais de gestão (como as Diretivas 91/156/CEE, de 18 de março, relativa à gestão de resíduos, e a 91/689/CEE, de 12 de dezembro, sobre gestão de resíduos perigosos), quer aspetos mais específicos, relacionados com métodos de tratamento (incineração, aplicação de lamas ao solo) e com fileiras e fluxos específicos dos resíduos (óleos usados, pilhas e baterias, embalagens, pneus usados, solventes clorados, veículos usados e equipamentos elétricos e eletrónicos (Lobato Faria *et al.*, 1997, citado em Rosa, 2009).

Em setembro de 1989 surgiu um documento de orientação intitulado “A estratégia da CEE para a Gestão de Resíduos” que preconizava a redução direta dos fluxos de resíduos, a otimização do tratamento e do destino final, a redução de movimentos transfronteiriços e a responsabilidade civil (Martinho *et al.*, 2011).

Assim, entre as décadas de 1970 e 1990, elaboraram-se importantes instrumentos de gestão de resíduos, destacando-se seis importantes diretivas. As já referidas Diretivas 75/442/CEE e Diretiva 91/689/CEE, bem como as Diretivas 75/439/CEE, 86/278/CEE, 94/62/CE e 1999/31/CE (Russo, 2003, citado em Rosa, 2009).

A Decisão n.º 2000/532/CE da Comissão, de 3 de maio, com as alterações introduzidas pelas Decisões n.º 2001/118/CE, da Comissão de 16 de janeiro, n.º 2001/118/CE, de 22 de janeiro, e n.º 2001/573/CE, do Conselho, de 23 de julho, adotou a nova Lista Europeia de Resíduos (LER), com as respetivas características de perigo. A Lista Europeia de Resíduos entrou em vigor no dia 1 de janeiro de 2002, revogando o Catálogo Europeu de Resíduos (CER) aprovado pela Decisão n.º 94/3/CE, da Comissão de 20 de dezembro. Em 2006, foi elaborada a Diretiva 2006/12/CE, que veio consagrar um conjunto de princípios da maior importância na gestão de resíduos, como as operações de descontaminação de solos e a monitorização dos locais de deposição após o encerramento das respetivas instalações (Rosa, 2009).

Em 2008 foi aprovado um novo diploma legal relativo à gestão de resíduos, a Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro de 2008. A entrada em vigor desta diretiva em 2010 determinou a revogação das Diretivas 75/439/CEE, 91/689/CEE e 2006/12/CE. No entanto, a aprovação da Diretiva 2008/98/CE, implicou a alteração imediata de alguns artigos das diretivas supramencionadas (Rosa, 2009).

A prevenção na geração de resíduos, a promoção da reciclagem e a valorização de resíduos são fatores a ponderar na estratégia para aumentar a eficiência da economia europeia em termos de recursos e, consequentemente diminuir o impacto ambiental negativo decorrente da utilização dos recursos naturais (Rosa, 2009).

Para implementar estratégias de gestão de resíduos que reduzam os efeitos negativos no ambiente e na saúde pública, a estratégia da União Europeia obedece a uma hierarquia de princípios.

A hierarquia de opções para gerir os resíduos foi proposta pela primeira vez pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), constituindo-se por cinco níveis de

atuação de acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho e em consonância com a metodologia apresentada na Figura 2.1.

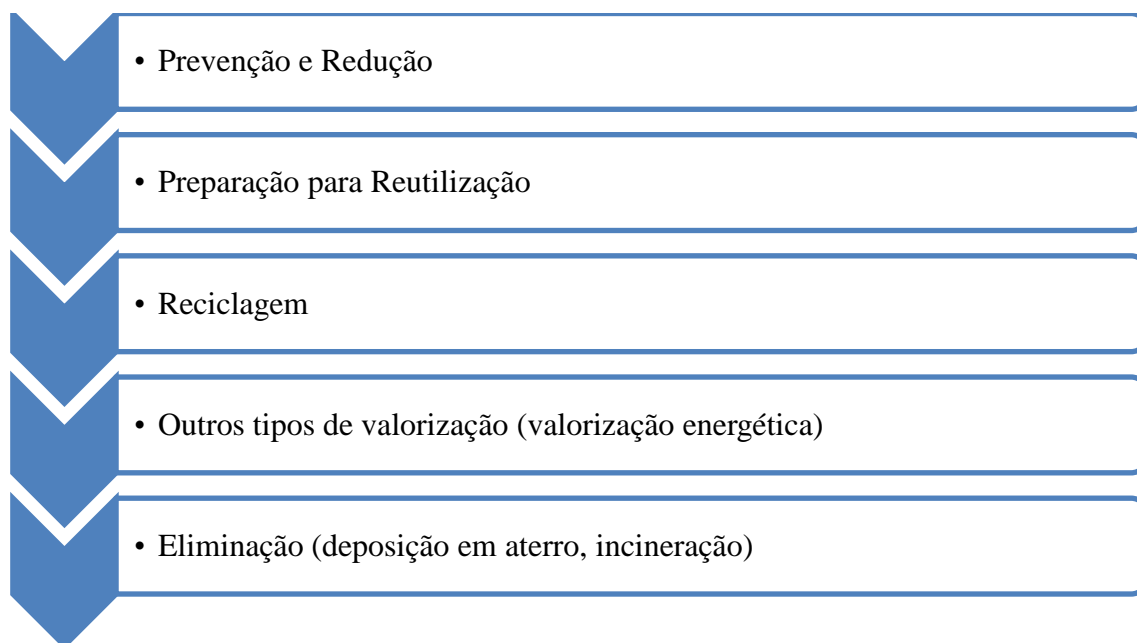


Figura 2.1 Hierarquia de opções de gestão de resíduos (Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho)

O primeiro nível consiste na prevenção e redução da produção de resíduos. O segundo nível refere-se à reutilização dos produtos. A reciclagem, terceiro nível da hierarquia, é a primeira prioridade em termos de valorização dos resíduos. No quarto nível encontram-se outros tipos de valorização, como a valorização energética. A base da hierarquia é ocupada pela eliminação, ocupada por soluções como a deposição em aterro, devendo ser a solução de recurso na gestão de resíduos.

2.2. ÓLEOS LUBRIFICANTES: ASPETOS GERAIS

Se por um lado o mundo em que vivemos não podia subsistir sem a existência dos fenómenos de atrito, de tal forma a estabilidade dos materiais ou a possibilidade de movimentos controlados dele dependerem, por outro lado não se pode conceber o funcionamento de nenhuma máquina, desde o mais minúsculo relógio de pulso à maior turbina de centenas de milhares de cavalos de potência, sem se admitir a existência de meios para reduzir o atrito, isto é, de lubrificação (Ramalho, 1956).

Os lubrificantes são portanto elementos vitais e indispensáveis ao funcionamento das máquinas. A lubrificação é um problema universal no campo da técnica e, mais do que isso, é um problema permanente.

Além da função primária de reduzir as forças de atrito ou resistências parasitas, o lubrificante pode desempenhar simultaneamente outras funções igualmente importantes (Ramalho, 1956):

- 1) Combater o desgaste e a corrosão dos órgãos das máquinas;
- 2) Participar no equilíbrio térmico dos sistemas;
- 3) Contribuir para a obtenção de estanquicidade de gases ou líquidos;
- 4) Transporte das impurezas e detritos resultantes do trabalho da máquina por meio da sua circulação e retenção nos sistemas de filtragem.

Do conjunto destas funções resulta como efeito da técnica de lubrificação (Ramalho, 1956):

- 1) Economia de força motriz;
- 2) Maior perfeição na qualidade dos produtos acabados (manufaturas) ou dos serviços prestados (transportes);
- 3) Redução dos períodos de imobilização não produtivos (menor duração e frequência de períodos de paragem para manutenção das máquinas);
- 4) Redução das verbas de amortização (maior duração das máquinas).

Desde que os sistemas de lubrificação sejam convenientemente estudados e os lubrificantes apropriados criteriosamente escolhidos, é possível tudo resumir num único resultado: menores preços de custo, maior produtividade da máquina (Ramalho, 1956).

Além da lubrificação propriamente dita, os óleos minerais da família dos lubrificantes são utilizados para outros fins mais ou menos relacionados, tais como (Ramalho, 1956):

- i) Fluidos hidráulicos em sistemas de transporte de energia (transmissões ou telecomandos);
- ii) Tratamentos térmicos dos metais;
- iii) Dielétricos e refrigerados em aparelhagem elétrica (transformadores, seccionadores, disparadores automáticos);
- iv) Meios de suspensão de poeiras e impurezas ou como absorventes.

Os óleos lubrificantes têm três características essenciais: a viscosidade; o índice de viscosidade; e a densidade.

Pode definir-se viscosidade como a resistência oposta por um fluido a qualquer escorregamento interno das suas moléculas. A viscosidade varia com a temperatura, pressão e natureza do líquido, sendo portanto uma característica de cada substância, dependendo das condições de trabalho (Ramalho, 1956).

Quanto mais viscoso for um lubrificante, mais espesso este será. Embora uma maior viscosidade indique uma maior capacidade de se manter entre duas peças móveis, fazendo a lubrificação das mesmas, isso não quer dizer que óleos mais viscosos sejam necessariamente melhores, já que a maior ou menor fluidez pode ser desejável em algumas situações, como em motores de alta rotação (Ramalho, 1956).

O índice de viscosidade indica a variação da viscosidade do óleo lubrificante em função da temperatura. A viscosidade dos lubrificantes diminui com o aumento da temperatura, sendo que quanto maior o índice de viscosidade, menor a variação. É importante que um óleo lubrificante mantenha a sua viscosidade numa ampla faixa de temperatura, para que a sua aplicação não seja prejudicada (Ramalho, 1956).

A densidade indica a massa de um determinado volume de óleo lubrificante, a uma determinada temperatura específica. É uma propriedade importante para identificar a existência de contaminação ou deterioração do lubrificante, que embora não seja verificação comum na indústria automóvel é essencial em processos industriais (Ramalho, 1956).

Em função destas propriedades, e devido à necessidade de padronização (que permita que os vários fabricantes ofereçam produtos do mesmo tipo, tornando mais fácil a comparação de um produto com outro por parte dos consumidores) os óleos lubrificantes novos são classificados segundo duas nomenclaturas distintas, a SAE e a API.

A classificação SAE, criada pela *Society of Automotive Engineers*, divide os óleos lubrificantes em três categorias, em função dos intervalos de temperaturas e respectivas viscosidades. Desta forma resulta a atribuição de um valor, de 0 a 25 W para um óleo com viscosidade aplicável a baixas temperaturas e um valor de 20 a 60, para um óleo com viscosidade aplicável a altas temperaturas. Caso o óleo seja de aplicabilidade a temperaturas altas e baixas, então este possuirá códigos duplos (valores de 0 a 25 W e simultaneamente valores de 20 a 60, e.g. 15W-50).

A classificação API, criada pelo *American Petroleum Institute*, diferencia os óleos em função da sua futura aplicação. Caso o seu uso se destine a uma aplicação em motores de ciclo Diesel (ou seja, uso de gasóleo) então este terá a letra “C”. Se o seu uso se aplicar a motores de ciclo Otto (ou seja, uso de gasolina), então este terá a letra “S”. A estas duas letras, “C” ou “S” acresce outra letra, que pode ir de “A” até “Z” em função do respetivo índice de viscosidade (sendo “A” uma amplitude de temperaturas maior, e “Z” uma amplitude de temperaturas menor).

No entanto, estas classificações referem-se a óleo lubrificante novo. O objeto de estudo é o óleo lubrificante usado, que em função dos usos para que serviu, possui também uma classificação própria.

Em termos de constituição, os óleos lubrificantes podem ser de origem mineral (mistura de hidrocarbonetos obtidos na refinação de petróleo bruto), sintética (constituídas por derivados do petróleo que são sintetizados por reações químicas em laboratório) ou animal e vegetal (óleos biodegradáveis) (Martinho *et al.*, 2011).

São constituídos em 75 a 100% por óleos base, que conferem as propriedades mínimas aos lubrificantes, e por uma série de aditivos, que consistem em misturas de compostos químicos orgânico-metálicos, que asseguram as funções de inibidores da deterioração do lubrificante (antioxidantes, neutralizadores de ácidos), proteção das máquinas (anticorrosivos, anti desgaste) ou atuantes sobre características físicas (antiespumantes, redução do índice de viscosidade, entre outros) (Martinho *et al.*, 2011).

Os aditivos são um componente essencial aos OLU. São produtos químicos que se adicionam aos óleos lubrificantes para lhes fornecer determinadas propriedades ou para melhorar algumas já existentes.

A produção de lubrificantes, capazes de suportar condições cada vez mais árduas de funcionamento, permitiu aos construtores consideráveis melhorias em vários aspetos dos rendimentos das máquinas, e também na economia da produção. No caso dos motores ou no caso das máquinas ferramentas, e ainda tantos outros campos, as possibilidades criadas por lubrificantes com melhores características permitiram, a par do progresso no campo da metalurgia, a evolução da conceção e, como tantas vezes acontece, criou necessidades de ainda melhores produtos, tendo daí resultado a recente tecnologia dos aditivos na preparação de lubrificantes (Ramalho, 1956).

Numa primeira classificação pode-se dizer que os aditivos se destinam a uma das seguintes funções (Ramalho, 1956):

- 1) Melhorar as propriedades físicas:
 - Aumentar o índice de viscosidade;
 - Baixar o ponto de congelação;
 - Contrariar a formação de espumas;
 - Emulsionantes ou anti-emulsionantes.

- 2) Aumentar a untuosidade permitindo regimes de pressões, em particular no caso de certos tipos de engrenagens;
- 3) Controlar a alteração dos óleos devido à deterioração própria ou às condições de trabalho nos motores ou a anular os efeitos nocivos daí resultantes:
 - Antioxidantes;
 - Anticorrosivos;
 - Detergentes.

Para melhorar o índice de viscosidade são utilizados polímeros de elevado peso molecular. São naturalmente solúveis nos óleos e a baixas temperaturas as suas moléculas ocupam um volume reduzido, dispersando-se na massa de lubrificante como pequenas esferas dotadas de grande mobilidade (Ramalho, 1956).

A temperaturas elevadas, essas mesmas moléculas dispõem-se, pelo contrário, segundo uma estrutura filiforme entrelaçando-se em maior ou menor escala e criando consequentemente uma resistência interna à maior mobilidade das moléculas de óleo base, resultante da elevação de temperatura. Nestas condições têm o efeito de aumentar a viscosidade aparente (Ramalho, 1956).

O mecanismo da ação dos aditivos usados para baixar o ponto de congelação, se bem que relacionado com o estado da estrutura molecular, é de natureza diferente. A influência do abaixamento de temperatura dá origem, numa primeira fase, à formação de microcristais que agrupando-se sob a forma de agulhas impedem o livre escoamento do óleo. Por uma afinidade química o aditivo rodeia os cristais na sua fase inicial de formação e este fenómeno físico não só permite uma maior mobilidade dessas partículas, como evita a formação das agulhas (Ramalho, 1956).

Os óleos minerais puros não têm tendência para a formação de espumas, mas a composição com óleos animais ou vegetais, ou a presença de certos aditivos favorece a inclusão de bolhas gasosas. A estabilidade das espumas aumenta com a presença de moléculas polares e serão tanto mais difíceis de desfazer quanto maior for a relação entre a espessura da película de óleo que rodeia as bolhas e o diâmetro das mesmas. Os compostos anti-espuma atuam precisamente por diminuição das tensões superficiais bem como das tensões de interface provocando o adelgaçamento das películas e consequentemente provocando a destruição das bolhas formadas (Ramalho, 1956).

No campo dos aditivos destinados a permitir regimes de trabalho a grandes pressões, podem-se considerar duas ações distintas. A primeira para os casos médios, em que o aumento de untuosidade conseguido por adição de moléculas polares permite uma melhor lubrificação em regime imperfeito ou untuoso (Ramalho, 1956).

Para pressões superiores, que provocam o rompimento da película absorvida dando origem ao contacto metal com metal, recorre-se a aditivos que por uma ação termoquímica sobre o metal modificam a natureza química da sua superfície, reduzindo o risco de efeitos termomecânicos (Ramalho, 1956).

Para esse efeito empregam-se compostos orgânicos complexos incorporando enxofre, cloro, fósforo ou outros metais na ligação das suas moléculas e que às temperaturas locais que se podem manifestar quando do contacto direto dos metais, vão modificar a natureza da superfície destes por uma ação termoquímica que origina a formação de sais metálicos, menos sujeitos a destruição mecânica e piores condutores de calor (Ramalho, 1956).

2.3. ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS

A nível nacional, a quantidade de óleos lubrificantes colocados anualmente no mercado nacional tem vindo a decrescer, de cerca de 100 mil toneladas em 2006, para cerca de 80 mil toneladas em 2011 (SOGILUB, 2012). Dos óleos novos colocados no mercado cerca de 44% vão originar óleos usados, sendo o restante consumido no processo em que foi utilizado ou é perdido e não passível de recuperação (SOGILUB, 2012).

É esta fase que assume particular interesse. Depois de usados, óleos lubrificantes passam a ser considerados óleos lubrificantes usados, passando a partir desse momento a serem caracterizados como resíduos perigosos.

Segundo o artigo 22.º do Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, entende-se por óleos usados quaisquer lubrificantes, minerais ou sintéticos, ou óleos industriais que se tenham tornado impróprios para o uso a que estavam inicialmente destinados, tais como os óleos usados dos motores de combustão e dos sistemas de transmissão, os óleos lubrificantes usados e os óleos usados para turbinas e sistemas hidráulicos (Decreto-Lei n.º 73/2011).

Este tipo de resíduo caracteriza-se por ser um resíduo inflamável e poder estar contaminado com substâncias perigosas, resultado dos processos de utilização em que tenha sido aplicado.

Para além da contaminação com água e combustível não queimado (que poderão representar cerca de 5 a 10% cada), outros contaminantes gerados pela degradação dos óleos de motores incluem: solventes clorados, enxofre, cálcio, fósforo e metais pesados (chumbo, zinco, cádmio, arsénio e crómio), provenientes dos aditivos e do desgaste do motor e dos rolamentos (Martinho *et al.*, 2011).

Quando lançados no solo, os OLU contaminam este recurso e as águas subterrâneas. Se forem despejados para a rede de águas residuais provocam estragos nas ETAR e quando queimados libertam substâncias tóxicas, designadamente solventes clorados (como PCB, TCE), metais pesados (como arsénio, cádmio e chumbo), compostos orgânicos (como benzeno e naftaleno). Um litro de óleo é suficiente para contaminar 1 000 000 litros de água, impedindo a oxigenação e levando à morte por asfixia de peixes e plantas aquáticas (Martinho *et al.*, 2011).

É portanto fundamental que estes resíduos sejam recolhidos e submetidos a uma correta gestão. Para além das vantagens ambientais e de saúde pública, a valorização de OLU apresenta também vantagens económicas.

Em 1993 foi estabelecida uma lista de resíduos em conformidade com a Diretiva 75/442/CEE do Conselho, à qual foi dado o nome de Catálogo Europeu dos Resíduos (CER) (Decisão da Comissão n.º 94/3/CE). Em dezembro de 1994, foi estabelecida uma lista de resíduos perigosos em aplicação da Diretiva 91/689/CEE (Decisão da Comissão n.º 94/904/CE) (Lopes, 2010).

Em maio de 2000, as referidas decisões foram revogadas pela Decisão da Comissão n.º 2000/532/CE, e posteriormente alterada pela Decisão da Comissão n.º 2001/118/CE, pela Decisão da Comissão n.º 2001/119/CE e pela Decisão do Conselho n.º 2001/573/CE, que adota a nova Lista Europeia de Resíduos (LER) e as características de perigo atribuíveis aos resíduos (Portaria n.º 209/2004) (Lopes, 2010).

A Lista Europeia de Resíduos representa um documento que substituiu o Catálogo Europeu de Resíduos. Este documento veio garantir a harmonização no que diz respeito à classificação e identificação dos resíduos no espaço europeu. Ao longo de vinte capítulos, são discriminadas as várias categorias de resíduos de acordo com a sua origem.

Os resíduos são então identificados através de um código LER de seis dígitos, sendo os dois primeiros referentes ao capítulo da fonte geradora, e os restantes quatro aos subcapítulos correspondentes. Todos os resíduos da presente lista assinalados com um asterisco (*) são considerados resíduos perigosos (Portaria n.º209/2004) (Lopes, 2010).

Falando dos resíduos alvo do estudo, os OLU, estes encontram-se identificados na Lista Europeia de Resíduos no capítulo 13, nalgumas categorias do capítulo 12 e também no capítulo 16. Em termos de óleo lubrificante usado que é recolhido, apenas o capítulo 13 e o capítulo 16 têm expressão.

A SOGILUB recolhe atualmente nove tipos diferentes de óleo, estando eles divididos em dois géneros essenciais de resíduos: “óleos usados e resíduos combustíveis líquidos” (código 13) e também “resíduos não especificados em outros capítulos do LER” (código 16, englobando os fluidos de travões).

Relativamente aos “resíduos não especificados em outros capítulos do LER” o seu uso encontra-se associado ao desmantelamento de veículos em fim de vida e de manutenção, tendo como aplicação exclusiva a lubrificação dos travões dos automóveis.

Quanto aos “óleos usados e resíduos combustíveis líquidos” estes dividem-se em quatro aplicações essenciais: uso hidráulico; aplicação em motores, transmissões e lubrificação; uso como isolantes e agentes de transmissão de calor (contendo PCB) e ainda “outros não anteriormente especificados”, que cobre tudo o resto não anteriormente referido.

Para todos os óleos pertencentes ao código 13, estas podem conter na sua constituição desde minerais não clorados, materiais facilmente biodegradáveis ou ainda materiais sintéticos. Existe também a designação “outros”, que inclui a mistura de algumas das características referidas anteriormente e também outras não incluídas nestas três. Na Tabela 2.1 encontram-se identificados os OLU atualmente recolhidos em território nacional (JMFF, 2012).

**Tabela 2.1 Caracterização dos OLU passíveis de serem recolhidos em Portugal
(adaptado de LER, 2004)**

Cód.	Tipo de Resíduo
13 01 10 (*)	Óleos hidráulicos minerais não clorados
13 01 11 (*)	Óleos hidráulicos sintéticos
13 01 12	Óleos hidráulicos facilmente biodegradáveis
13 01 13 (*)	Outros óleos hidráulicos
13 02 05 (*)	Óleos minerais não clorados de motores, transmissões e lubrificação
13 02 06 (*)	Óleos sintéticos de motores, transmissões e lubrificação
13 02 07	Óleos facilmente biodegradáveis de motores, transmissões e lubrificação
13 02 08 (*)	Outros óleos de motores, transmissões e lubrificação
13 03 07 (*)	Óleos minerais isolantes e de transmissão de calor não clorados
13 03 08	Óleos sintéticos isolantes e de transmissão de calor
13 03 09 (*)	Óleos facilmente biodegradáveis isolantes e de transmissão de calor
13 03 10	Outros óleos isolantes e de transmissão de calor
13 08 99	Outros resíduos não anteriormente especificados
16 01 13 (*)	Fluidos de travões

(*) Óleos recolhidos pela empresa de recolhas JMFF no ano de 2012.

Nota: Todos estes códigos dizem respeito a resíduos perigosos.

De seguida apresenta-se uma descrição sumária de cada um dos tipos de óleos lubrificantes usados recolhidos pela SOGILUB (óleos hidráulicos, de motor, sintéticos e fluidos de travões).

Os “óleos hidráulicos” são óleos usados em sistemas de alta carga com a função de transmissão de força e de lubrificação das peças internas do sistema, como bombas de engrenagens ou cilindros, devendo ser recolhidos separadamente (SOGILUB, 2012; Alcobia, 2009).

A maior parte dos óleos hidráulicos é produzida com óleos minerais devido ao custo reduzido dos mesmos. Este tipo de óleo lubrificante, quando usado, é também conhecido como “óleo branco”. Estes óleos têm como característica serem fáceis de limpar, estando sujeitos apenas a um processo de tratamentos por forma a serem novamente colocados no mercado (Pinto, 2008).

Os “óleos de motor” são concebidos para minimizar as fricções entre as peças metálicas do motor. Nestes, estão incluídos óleos para motores a gasolina ou a gasóleo, motores a dois tempos e também a quatro tempos. Estes, após o uso, resultam em óleos negros, uma designação para os óleos usados em altas temperaturas e carregados de ‘sujeidade’ com a submissão implícita na cadeia de valorização (Alcobia, 2009).

Os “óleos isolantes e de transmissão de calor” são fluidos usados, tanto para lubrificação como para arrefecimento das ferramentas e metais a trabalhar e devem ser recolhidos separadamente. Num equipamento elétrico são usados simultaneamente como isolante e refrigerante e como fluidos dielétricos ou eletro-isolantes e fluidos de eletro-erosão e denominados óleos transformadores. Podem conter PCB e ser caracterizados pela presença de minerais não clorados, sintéticos, facilmente biodegradáveis ou outros. (Alcobia, 2009)

Os “fluidos de travões” são lubrificantes para os travões e embraiagem, assim como para a direção assistida, para proteção dos componentes (Alcobia, 2009).

2.4. GESTÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS

2.4.1. PROBLEMÁTICA

Dados do ano 2000 referem que, cerca de 4 930 kt de óleos base foram consumidos na Europa, sendo que 65% eram óleos para motores de automóveis e menos de 35% óleos para equipamentos industriais. Cerca de 50% dos óleos consumidos são perdidos durante a utilização (através de processos de combustão, evaporação, resíduos de óleo que ficam nas embalagens, etc.). Os restantes 50% representam efetivamente a fração de óleo usado que pode ser recolhido e posteriormente tratado (Monier e Labouze, 2001).

Segundo a mesma fonte, os óleos provenientes de motores representam mais de 70% do total de 2 400 kt de óleos usados recolhidos, sendo esta a principal fonte geradora deste tipo de resíduos. Ainda segundo Monier e Labouze (2001) a taxa média de recolha dos óleos usados na União Europeia é de cerca de 70 a 75% (aproximadamente 1 730 kt de óleo).

A quantidade restante (675 kt), correspondendo a um valor entre 25 e 30% do total que é produzido e não recolhido, é contada como ilegalmente queimada e depositada no ambiente sem qualquer tipo de tratamento (Monier e Labouze, 2001).

No entanto estes valores são apenas médias europeias, variando as percentagens individualmente de país para país. É conveniente notar que as bases de dados nacionais relativas

às quantidades recolhidas são normalmente insuficientes e heterogéneas, diferindo entre cada Estado-Membro.

Os Estados-Membros beneficiariam com a implementação de bases de dados definidas de forma harmonizada e com regras de cálculo normalizadas (Monier e Labouze, 2001).

Devido aos riscos associados aos OLU, este foi o primeiro fluxo a merecer a atenção da União Europeia (Martinho *et al.*, 2011).

Desde a década de 70 e até ao final de 2010, que a gestão de OLU na União Europeia foi orientada pela Diretiva 75/439/CEE, de 16 de junho, alterada pela Diretiva nº 87/101/CEE, de 22 de dezembro, cujo objetivo consistia na proteção do ambiente relativamente aos efeitos nocivos da sua incorreta utilização ou deposição, criando um sistema harmonizado para recolha, tratamento, armazenagem e eliminação de OLU (Martinho *et al.*, 2011).

Esta Diretiva obrigava os Estados-Membros a priorizarem a regeneração de OLU, em relação a outros métodos, como a reciclagem e a valorização energética. Contudo, e apesar desta obrigatoriedade, alguns Estados-Membros não a cumpriram, em grande parte porque a procura de óleos usados para utilização como combustível era superior à procura de óleos lubrificantes produzidos a partir de óleos usados regenerados, uma vez que a produção de OLU era reduzida, existindo um excesso de produção de óleos de base (Martinho *et al.*, 2011).

Um outro argumento apontado para a não aplicação da regeneração como tecnologia de tratamento de OLU relacionava-se com os resultados de vários estudos de avaliação de impacto ambiental, que não evidenciavam claramente a opção regeneração como sendo a melhor opção relativamente à queima em cimenteiras (Martinho *et al.*, 2011).

Por forma a contornar estes argumentos surge a Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro, revogando para isso a Diretiva 75/439/CEE, com efeitos a partir de dia 12 de dezembro de 2010. Nesta Diretiva é reafirmada, artigo 21º (dedicado aos óleos usados), a importância da recolha separada de OLU e da prioridade às soluções de valorização e tratamento que produzam o melhor resultado global em termos ambientais, não obrigando à regeneração.

No entanto a mesma diretiva salvaguarda que, se de acordo com a legislação nacional, os OLU estiverem sujeitos a requisitos de regeneração, os Estados-Membros podem estabelecer que esses óleos sejam regenerados se tal for tecnicamente exequível.

Podem também restringir os movimentos transfronteiriços de OLU provenientes do seu território para as instalações de incineração ou de co-incineração, a fim de dar prioridade à regeneração de OLU (Martinho *et al.*, 2011).

O Decreto-Lei n.º 153/2003, de 11 de julho, alterado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, que transpõe para a ordem jurídica interna as Diretivas 75/439/CEE e 87/101/CEE, estabelece as regras a que fica sujeita a gestão de óleos novos e óleos usados em território nacional, assumindo como objetivos prioritários a prevenção da produção, em quantidade e nocividade, a criação de circuitos de recolha seletiva de OLU, o seu correto transporte, armazenamento, tratamento e valorização (Martinho *et al.*, 2011).

É neste Decreto-Lei que estão estabelecidas as metas de recolha, regeneração e reciclagem dos óleos (50 e 75%, respetivamente para cada um destes destinos, segundo a última atualização do Decreto-Lei) sendo da responsabilidade da SOGILUB o seu cumprimento.

2.4.2. SISTEMAS DE GESTÃO DE ÓLEOS USADOS

SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DE ÓLEOS USADOS (SIGOU)

Segundo a Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda. (SOGILUB) e da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), no início da década de 1990 eram colocados no mercado, anualmente, mais de 100 000 t de óleos lubrificantes e apenas uma pequena percentagem (entre 2 e 4%) era recolhida (SOGILUB, 2006).

No entanto verificou-se um aumento da taxa de recolha destes óleos lubrificantes ao longo da década, sendo praticamente recolhidos entre 70 a 75% dos óleos colocados no mercado (SOGILUB, 2012). Ainda assim, estes valores encontram-se aquém do valor estabelecido na licença da SOGILUB que é de 85%. O que não é recolhido é contado como perdido, podendo ser através de combustão e evaporação ou deposição ilegal no ambiente.

Antes de surgir a SOGILUB, e até ao ano 2000, a gestão dos óleos usados em Portugal era realizada através de várias empresas que estabeleciam um sistema de recolha porta-a-porta, pagando às garagens e estações de serviço pelo óleo usado.

Este óleo recolhido era sujeito a uma operação de pré-tratamento, durante a qual lhe era retirada a água, as partículas sólidas, incluindo metais residuais, sendo depois vendido para alimentar caldeiras e equipamentos similares, em substituição do óleo tipo *fuel* (Alcobia, 2009).

Até ao surgimento da SOGILUB os níveis de recolha eram relativamente baixos, comparativamente a outros países, como pode ser observado na Figura 2.2.

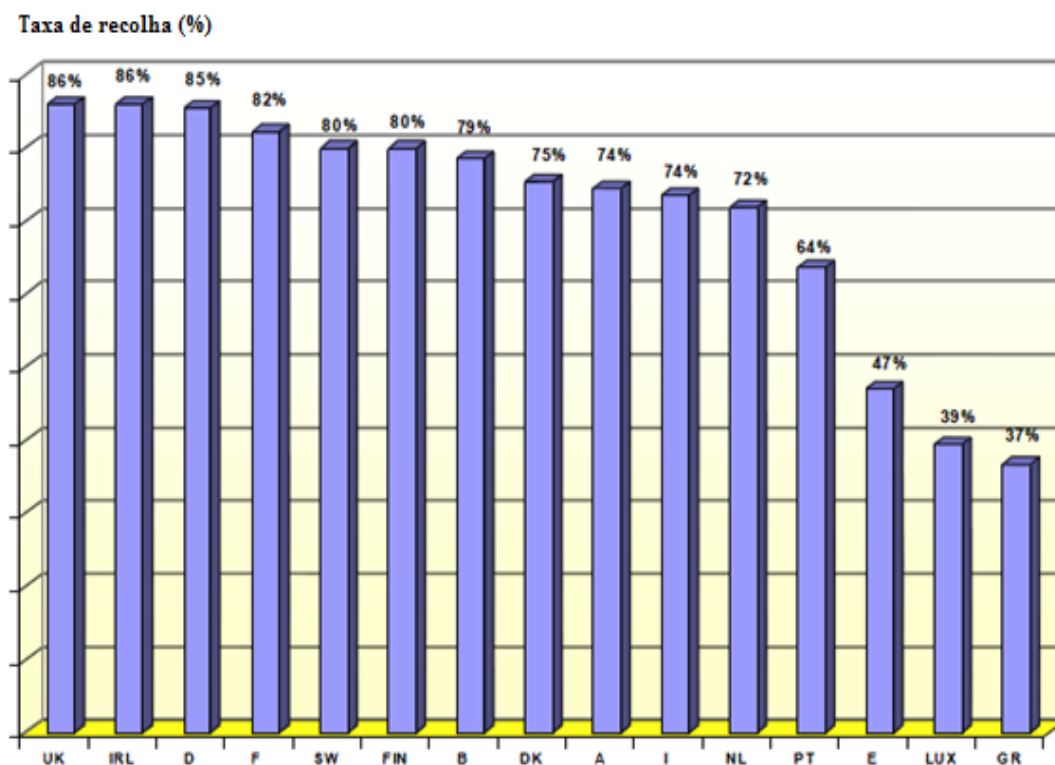


Figura 2.2 Taxas de recolha de óleos usados a nível Europeu, em 2000 (Monier e Labouze, 2001)

Uma das causas para tal facto era a não existência de uma rede oficial de recolha. Com o Decreto-Lei n.º 153/2003 (relativo à eliminação dos óleos usados) surge finalmente a SOGILUB, Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, que desde essa altura e até à presente data, assegura a implementação de um efetivo procedimento de recolha e tratamento de óleos usados e apresentaria, até finais de 2006, um estudo de viabilidade técnico-económica da implementação de uma unidade de regeneração destes produtos em Portugal (SOGILUB, 2006).

Os resultados deste estudo permitiram concluir que, do ponto de vista técnico, era exequível a instalação de uma unidade de regeneração em Portugal, visto existirem tecnologias desenvolvidas e em desenvolvimento que podiam ser adaptadas à realidade nacional. Verificou-se também que os aspetos de natureza ambiental deveriam ser salvaguardados, de modo a reduzir o impacte deste tipo de unidades, que para certas tecnologias ainda é bastante considerável. Relativamente à viabilidade económica, não foi possível obter conclusões tão seguras, uma vez que essa viabilidade é influenciada por várias condicionantes (entre elas a percentagem de unidades aderentes e os valores efetivamente reaproveitados) (SOGILUB, 2006).

Este estudo também permitiu concluir que a instalação de uma unidade de regeneração em Portugal, dada a reduzida dimensão da geração de óleos usados, é viável apenas no caso de as tecnologias apresentarem valores de investimento reduzidos e custos de operação também relativamente baixos. Deste modo esta operação foi reconduzida para Espanha, algo que atualmente ainda se verifica (SOGILUB, 2006).

Já no ano de 2012, e da autoria da ENVIROIL, surgiu um projeto/estudo para implementação de uma unidade de regeneração em Portugal. Atualizando dados usados no estudo da SOGILUB, a ENVIROIL concluiu que a regeneração de óleos usados vai ser uma realidade em Portugal. Nesse estudo é ainda afirmado que a criação de uma unidade de regeneração terá capacidade para receber 20 000 toneladas por ano de óleo usado, valor que representa uma parte substancial do mercado potencial português (segundo este estudo, representa 55% do óleo usado potencialmente gerado no mercado português) (ENVIROIL, 2012).

Ainda neste projeto é referido que estão reunidas as condições técnicas e de localização que podem otimizar a unidade, quer do ponto de vista técnico (dando razão à conclusão do relatório da SOGILUB), quer do ponto de vista económico e ambiental (afirmando que, nesta altura, esta alternativa é já viável economicamente para Portugal).

Apesar de todas as condicionantes relativas à regeneração, o Decreto-Lei n.º 73/2011, refere esta opção como prioritária sendo que, do Decreto-Lei n.º 153/2003 para o Decreto-Lei n.º 73/2011, esta opção registou um acréscimo de 25% em relação à quantidade mínima de óleo a ser levada para este destino (de 25% passou para 50%). Por forma a garantir estes valores, este Decreto-Lei obriga os fabricantes industriais a garantir a correta gestão dos óleos usados gerados assim como a garantir o seu tratamento destinado à sua recuperação, valorização e regeneração. Desta forma todas as empresas que fabricam e/ou comercializam óleos lubrificantes são obrigadas a repercutir nas suas faturas de venda o custo derivado da recolha e gestão dos lubrificantes (SOGILUB, 2012).

Devido às obrigações estabelecidas no Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho (transpostas depois para a licença da SOGILUB) e por forma a integrar todos os atores do ciclo existe o SIGOU, o sistema integrado de gestão de óleos usados. Este sistema engloba todas as empresas

de recolha de óleos usados, assim como os PrON (produtores de óleos novos) e os PrOU (produtores de óleos usados), sendo que o correto funcionamento deste sistema é a forma mais fácil e eficaz de cumprir todas as obrigações que a legislação estabelece para os óleos lubrificantes usados. Este sistema entrou em funcionamento no dia 1 de janeiro de 2006, cobrindo integralmente todo o território nacional (SOGILUB, 2012).

Em Portugal, e tal como já foi referido, a gestão de óleos usados é assegurada pela entidade gestora, a SOGILUB. A SOGILUB é a única entidade que está licenciada para a organização e condução do SIGOU, sistema integrado de gestão de óleos usados, em Portugal. É uma sociedade por quotas constituída dia 17 de setembro de 2004, no quadro do Decreto-Lei n.º 153/2003, de 11 de julho, que estabelece o regime jurídico para a gestão de óleos novos e de óleos usados. A entidade foi licenciada a 15 de julho de 2005 pelo Despacho Conjunto n.º 662/2005, de 6 de setembro, do Ministério da Economia e da Inovação e do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Trata-se de uma empresa privada, sem fins lucrativos, estando vedada a distribuição de lucros do exercício aos sócios, devendo os resultados líquidos ser reinvestidos e/ou servir para financiar atividades desenvolvidas no âmbito da sociedade (SOGILUB, 2012).

O financiamento do SIGOU é assegurado pelos produtores de óleos novos que são responsáveis pelo destino dos óleos usados gerados, sendo condição obrigatória para a colocação de óleos novos no mercado nacional a adesão daqueles a um sistema individual ou a um sistema integrado de gestão de óleos usados. De igual modo, os produtores de óleos usados são responsáveis pela sua correta armazenagem e integração num sistema integrado de gestão de óleos usados (SOGILUB, 2012).

No final de 2007, o sistema integrado incluía um total de 240 produtores de óleos novos, que haviam transferido a responsabilidade pela gestão dos óleos usados gerados para o SIGOU, através do pagamento do serviço (prestação financeira denominada de ecovalor e que remonta, desde 2007, a 0,063€/l sem IVA), correspondendo à quantidade de óleos novos colocados no mercado (SOGILUB, 2012). Atualmente o número de produtores aderentes ascende a 443, confirmando o registo de crescimento desde o início de atividade do sistema integrado (SOGILUB, 2012).

As boas práticas destes produtores são reconhecidas por um certificado da SOGILUB, que serve para comprovar que foram cumpridas as obrigações legais nesta matéria (medida a ser implementada a partir do ano de 2013).

Os produtores de OLU são responsáveis pela integração dos OLU no circuito do SIGOU. Os produtores particulares devem entregar os OLU nos ecocentros existentes na sua área. Os restantes produtores de OLU (nomeadamente oficinas, indústrias, empresas de construção civil) devem registar-se na SOGILUB, mediante a celebração de um contrato, proceder à separação e armazenamento dos OLU no local de produção e solicitar a sua recolha à SOGILUB. Esta recolha é feita livre de encargos para o produtor de OLU (Martinho *et al.*, 2011).

Os operadores de recolha e transporte de OLU só fazem a recolha dos OLU que respeitem as especificações técnicas definidas pela SOGILUB. Estas especificações técnicas encontram-se representadas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 Especificações técnicas para a recolha de óleos usados (SOGILUB, 2012)

Caraterísticas	Unidades de medida	Valor máximo
PCB	Ppm	50
Cloro	Ppm	2000
Água + Sedimentos	% em peso	8
Sedimentos	% em peso	3

Para que todo o sistema flua corretamente a SOGILUB é obrigada a manter um sistema informático que lhe permita gerir os dados relativos aos produtores de óleos novos e aos operadores de gestão de OLU, designadamente as quantidades e caraterísticas dos óleos novos, as quantidades de OLU retomados e que foram sujeitos a regeneração e outras formas de valorização, devendo posteriormente reportá-los à Agência Portuguesa do Ambiente.

A obtenção e registo dos dados é efetuado durante o processo de recolha do OLU. É também da competência dos operadores assegurar os meios e os procedimentos operacionais definidos pela SOGILUB relativos à recolha e amostragem periódica dos OLU recolhidos (Martinho *et al.*, 2011).

Assim que recolhidos, os OLU são encaminhados para unidades de pré-tratamento, ou para instalações de armazenagem intermédia. Após o seu tratamento, e em função das especificações técnicas definidas na licença da SOGILUB para as caraterísticas físico-químicas dos óleos pré-tratados necessárias para cada um dos destinos finais, a SOGILUB decide sobre o destino a dar a cada lote de OLU, respeitando a hierarquia estabelecida para as operações de gestão e tendo em conta as metas de regeneração, reciclagem e valorização constantes no Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho de 2011 (Martinho *et al.*, 2011).

Estes objetivos de gestão são assegurados pela celebração de contratos com os operadores de gestão de OLU que realizam regeneração, reciclagem e valorização dos OLU, nacionais ou estrangeiros, devendo tais contratos fixar as receitas ou os encargos envolvidos (Martinho *et al.*, 2011).

Toda a atividade de recolha dos óleos usados no âmbito do SIGOU é assegurada por um conjunto de empresas que operam na totalidade do território nacional (como sejam, por exemplo, a José Maria Ferreira & Filhos, Lda. e a Carmona, Sociedade de Limpeza e Tratamento de Combustíveis, S.A. em Portugal Continental, a Bensaude, S.A. na Região Autónoma dos Açores ou a Valor Ambiental, Gestão e Administração de Resíduos da Madeira na Região Autónoma da Madeira), garantindo a recolha diretamente nas instalações dos PrOU (SOGILUB, 2012).

A rede de recolha e tratamento a operar no SIGOU encontra-se detalhadamente descrita na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 Rede de recolha e tratamento a operar no SIGOU (SOGILUB, 2012)

Empresa	Operadores	Operações		
		Recolha/Tratamento	Armazenagem	Tratamento
Portugal Continental				
Sisav – Sistema Integrado de Tratamento e Eliminação de Resíduos, S.A.	Sisav	-	√	√
	EGEO – Tecnologia e Ambiente, S.A.	√	-	-
	Lourióleo – Comércio de Óleos e Sucatas, Lda.	√	-	-
Carmona, Sociedade de Limpeza e Tratamento de Combustíveis, S.A.	Carmona, Sociedade de Limpeza e Tratamento de Combustíveis, S.A.	√	√	√
	José Paraíso	√	√	-
	Pedro Duarte	√	-	-
	Manuel Pontes Rosa	√	√	-
SafetyKleen Portugal - Solventes e Gestão de Resíduos, SA	Safetykleen	√	√	-
	Maria Amélia da Silva Ferreira	√	√	-
Correia e Correia, Lda	Correia e Correia, Lda.	√	√	√
	Palmiresíduos, Combustíveis e Resíduos, Lda.	√	√	-
José Maria Ferreira & Filhos, Lda.	José Maria Ferreira & Filhos, Lda.	√	√	-
	Palmiresíduos, Combustíveis e Resíduos, Lda.	√	√	-
Região Autónoma dos Açores				
Bensaude, S.A.	Bensaúde, S.A.	-	√	-
	Bencom, Armazenagem e Comércio Combustíveis, S.A.	-	√	-
	Varela	√	√	-
Região Autónoma da Madeira				
Valor Ambiente, Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A.	Transfundoa	√	-	-
	Apicius	-	√	-

Os tratamentos a que são sujeitos os OLU destinam-se ou à sua recuperação para utilização como combustível ou à obtenção de óleos base para produção de óleos lubrificantes. Do ponto de vista técnico-económico, as tecnologias a aplicar dependem da qualidade dos OLU, a qual por sua vez depende da sua fonte, ou seja, onde e como foram produzidos e recolhidos (Martinho *et al.*, 2011).

O SIGOU integra três unidades de pré-tratamento com tecnologia de reprocessamento suave (*mild processing*). O objetivo é remover água e sedimentos, que representam cerca de 8 a 10% dos OLU, e obter óleos usados que cumpram os requisitos técnicos exigidos para a sua valorização. Os processos envolvidos consistem na decantação de sólidos e água, desmineralização química, centrifugação e filtração por membrana (Martinho *et al.*, 2011).

Na Figura 2.3 apresenta-se esquematicamente o funcionamento do SIGOU.

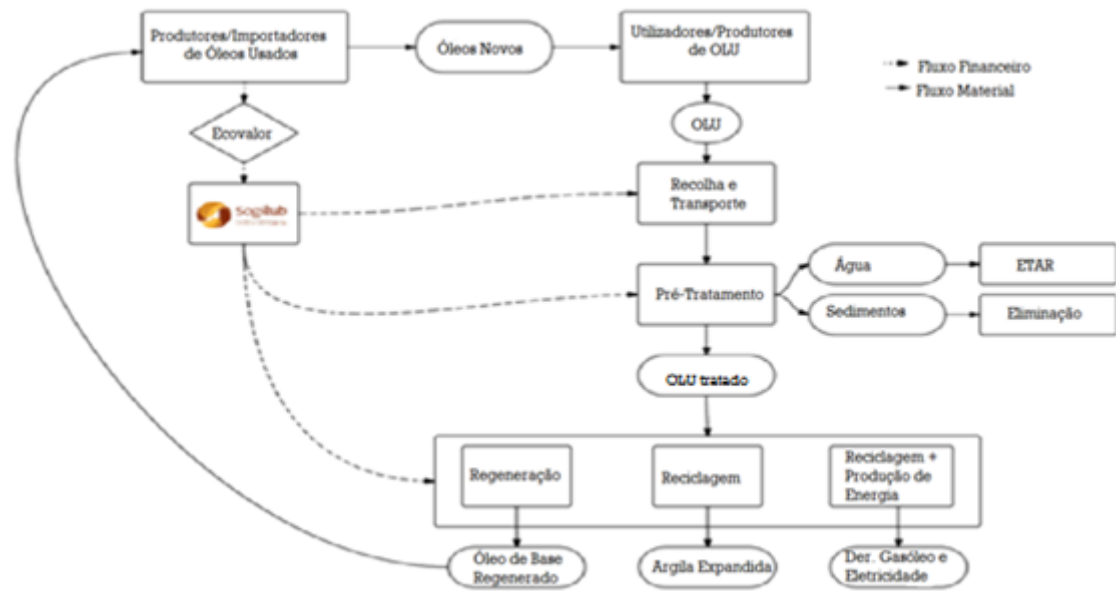


Figura 2.3 Funcionamento do SIGOU (adaptado de Martinho *et al.*, 2011)

Paralelamente a todo este processo ocorre a fiscalização da Sociedade, competência do conselho fiscal, o qual é responsável pelo controlo das características e verificação das conformidades dos óleos usados junto às unidades de tratamento e nos produtores dos mesmos.

Relativamente ao processo de regeneração, e como já foi referido, Portugal não possui nenhuma instalação com capacidade para a realizar (facto justificado com a ausência de viabilidade económica), pelo que os OLU destinados a esta operação têm sido encaminhados para duas unidades localizadas em Espanha e uma na Alemanha (Tabela 2.4, a partir de SOGILUB, 2012).

Tabela 2.4 Empresas responsáveis por realização da regeneração dos OLU recolhidos em Portugal (SOGILUB, 2012)

Forma de valorização	Empresa	Localização
Regeneração	CATOR	Espanha
	TRACEMAR	
	MINERALÖL	Alemanha

Neste processo são retirados aos OLU os metais, compostos leves, água oleosa e sedimentos e é feita a separação dos principais componentes do óleo lubrificante (como óleos de base de vários tipos, nafta e componente asfáltica). Os óleos de base são depois vendidos a empresas que lhes adicionam os aditivos necessários para produzirem óleos lubrificantes novos (Martinho *et al.*, 2011).

Juntamente com todos estes processos a SOGILUB desenvolve igualmente ações de comunicação e sensibilização para apelar, tanto aos consumidores, como aos PrOU, através de campanhas de imprensa, campanhas de sensibilização, *Solf Sponsoring* e participação em eventos (SOGILUB, 2012).

Com estas ações a SOGILUB pretende aumentar a consciencialização dos atores envolvidos neste processo (tanto produtores como consumidores), não só para a prevenção mas também para a redução do uso e/ou produção deste tipo de resíduos (primeira prioridade na hierarquia de gestão de resíduos).

SISTEMAS EUROPEUS DE GESTÃO DE ÓLEOS USADOS

No ponto anterior foi descrito como funciona o SIGOU, o sistema integrado de gestão de óleos usados implementado em Portugal. O caso português particulariza o ecovalor, taxa cobrada aos produtores que colocam óleos novos no mercado. No entanto Portugal não é o único país a aplicar uma taxa que permita garantir o funcionamento do sistema integrado, existindo também países que aplicam taxas com diferentes valores ou mesmo ausência de taxas devido à já garantida sustentabilidade do sistema integrado de gestão. De seguida são descritos os sistemas integrados de gestão de óleos usados praticados em alguns países europeus, cuja informação foi possível recolher na literatura.

FRANÇA

A situação em França difere um pouco da maioria das congéneres europeias, uma vez que neste país já não existem taxas a financiar o sistema. Por este facto, e considerando que no futuro a tendência será a de acabar com a taxa de ecovalor, o caso francês justifica uma atenção particular (UEIL, 2012).

Neste país a regulação, responsabilidade da agência ADEME, estipula que os produtores de óleos, aquando da sua atividade profissional, tenham a obrigação de guardar corretamente o óleo lubrificante usado, e de o entregar a empresas certificadas para o efeito.

Segundo a lei francesa, as empresas que recolhem este resíduo são obrigadas a ser certificadas, sendo que estão proibidas de cobrar pelos serviços de recolha que prestam aos produtores dos mesmos. Também as empresas que efetuam o tratamento do óleo são obrigadas a estar certificadas (ADEME, 2010).

O resíduo em causa compreende óleos de origem mineral ou sintética, que não podem voltar a ser usados para o seu propósito original na condição de óleos novos e que podem ser regenerados para algum uso enquanto óleos base, ou fonte de energia para combustível industrial (ADEME, 2010).

As empresas de recolha são obrigadas a recolher qualquer volume de óleo que exceda 600 litros, no prazo máximo de duas semanas. É dado ao produtor do óleo um recibo da recolha efetuada, o qual serve de registo de que a operação aconteceu. O volume de óleo recolhido é analisado, através da recolha de duas amostras diferentes. Os produtores de óleo estão obrigados a guardar o óleo usado em recipientes certificados para o efeito (ADEME, 2010).

Paralelamente, cada produtor individual pode colocar diretamente o óleo usado em centros de reciclagem, o qual tem que ter a preocupação de não misturar os óleos usados, com outros tipos de resíduos líquidos (como solventes, petróleo, ou óleo vegetal) (ADEME, 2010).

Até ao ano de 2012 era aplicada uma taxa de 26\$/t ao óleo novo posto a circular (ecovalor), sendo esse valor posteriormente investido: a cada empresa responsável pela recolha de óleo eram dados anualmente 20,5 M\$, sendo dados 0,6M\$ às empresas que prestavam assistência à recolha e eliminação, 0,2M\$ às empresas que prestaram informação ao público e 0,7M\$ às empresas responsáveis pela gestão. Como balanço, todo o lucro gerado com esta operação foi investido na totalidade do sistema, por forma a torná-lo o que é hoje: algo independente de taxas e subsídios e perfeitamente sustentável (CONCAWE, 1996).

A grande diferença entre a política de gestão aplicada em França e no resto da Europa está, neste momento, no abandono da aplicação de uma taxa sobre os óleos novos que são postos a circular no mercado. Neste momento a entidade reguladora tem apenas um papel regulador, uma vez que a sustentação financeira do sistema é negociada entre os únicos atores do processo: as empresas de tratamento e recolha de óleo, que negociam a compra de OLU diretamente com os produtores do mesmo (ADEME, 2010).

De acordo com a qualidade do óleo que é produzido pelo produtor este poderá ganhar mais ou menos dinheiro, tendo em conta a qualidade do óleo que é recolhida (p.e. um óleo que não possua contaminantes tem maior valor de mercado do que um que esteja contaminado). Desta forma, os produtores são conscientemente obrigados a ter uma maior preocupação em termos de separação dos óleos que produzem (fazendo logo à partida um processo de separação seletiva), para que a venda de óleo usado lhes possa trazer maiores proveitos financeiros. Contudo, e apesar de o sistema de gestão francês já se autofinanciar, o sistema de recolha atualmente implementado não inclui oficialmente separação e recolha seletiva. No entanto, os produtores inconscientemente já a realizam, considerando que uma separação mais cuidada lhes garantirá um maior retorno financeiro.

ALEMANHA

Na Alemanha, os detentores de óleo usado devem armazenar os mesmos de forma separada, de acordo com a sua qualidade. Esta qualidade relaciona-se com a possibilidade de os óleos estarem aptos para regeneração (CONCAWE, 1996).

Neste país os pontos de venda de óleo lubrificante estão obrigados a ter um ponto de recolha para o óleo usado e outro para as embalagens de óleo vazias. Relativamente a taxas, e à semelhança de Portugal com o ecovalor, na Alemanha a taxa aplicada é de 016 €/t de óleo (em 2001), aplicada a óleos novos colocados no mercado (CONCAWE, 1996).

Até ao ano de 2001 não existiam ajudas financeiras para as empresas que realizavam regeneração, não sendo por isso possível estas comprarem óleo usado e competir com as instalações de queima. A partir do ano de 2001 as empresas regeneradoras passaram a ter direito a um subsídio de 2,6 M euros anuais (Alcobia, 2009).

DINAMARCA

Neste país a regulação é levada a cabo pela entidade O&K. Todas as empresas produtoras de óleos usados estão obrigadas a notificar as autoridades locais de tal produção, bem como das quantidades produzidas (CONCAWE, 1996).

As autoridades locais têm a obrigação de estabelecer a correta recolha e armazenagem até às estações de tratamento de óleo. As empresas e produtores particulares estão obrigados por lei a

usar esse tipo de estações (ou outros meios de recolha e armazenamento) que tenham sido indicados e aprovados pelas autoridades locais (CONCAWE, 1996).

São as autoridades locais que aprovam os tipos de contentores de armazenamento, por forma a garantir que esse equipamento possa promover um transporte ambientalmente seguro (CONCAWE, 1996).

Este tipo de sistemas é administrado pelo governo e municípios, sendo financiado por taxas e impostos municipais. As empresas de recolha são subsidiadas, entre 41-101 €/t de óleo usado que é recolhido, sendo que ao óleo usado utilizado como combustível é cobrada uma ecotaxa de 304 €/t (valores aplicados em 2001), sendo garantido o pagamento no valor de 304 € a todas as instalações por cada tonelada de óleo usado recebido (excluindo as instalação de incineração) (Alcobia, 2009).

Existe uma taxa, ecovalor, aplicada aos lubrificantes novos colocados no mercado (no valor de 113 €/t de óleo) (Alcobia, 2009).

FINLÂNDIA

A nova legislação aprovada para este país, baseada nas diretivas e respetiva regulação europeia, procuram seguir os princípios de um desenvolvimento sustentável, prevenção da produção e redução da quantidade e das propriedades perigosas que o resíduo possui (CONCAWE, 1996).

Contudo, alguns artigos da legislação são mais restritos que as diretivas europeias, i.e., a queima de óleos usados por forma à obtenção de valorização energética é praticamente proibida (CONCAWE, 1996).

De acordo com a lei finlandesa, os municípios estão obrigados a recolher todos os óleos usados produzidos por parte de pequenos produtores, desde que as quantidades de água presentes sejam razoáveis (e que possam ser removidos em termos de tratamento simples). Existe apenas uma organização, nacional, responsável pela recolha e tratamento do óleo usado: a Oy Ekokem Ab (CONCAWE, 1996).

Este tipo de sistema é administrado pelo Ministério do Ambiente Finlandês, sendo financiado com uma taxa de 38€/t por cada óleo lubrificante novo, importado ou manufaturado que seja posto a circular no mercado (CONCAWE, 1996).

GRÉCIA

A legislação atual requer a armazenagem de óleo usado, para que este não afete o meio ambiente. No entanto, atualmente o sistema não é subsidiado: não é cobrada qualquer taxa aos óleos novos que são postos a circular, não se financiando também o sistema de recolha. Na prática, a recolha do óleo usado encontra-se nas mãos de investidores independentes, sendo que não existe qualquer controlo das suas atividades (CONCAWE, 1996). Estima-se que entre 35 a 40 kt de óleo usado seja vendido ilegalmente a utilizadores que depois os usam para queima ilegal (CONCAWE, 1996).

ITÁLIA

Existe uma organização, Consorcio de óleo Usado, que inclui os vários produtores de óleo usado. A esta entidade é exigido que garanta que o óleo usado gerado pelos vários produtores é

corretamente recolhido e transportado para as estações de tratamento próprias (CONCAWE, 1996).

Esta entidade é a única responsável pela realização de contratos com as empresas de recolha deste tipo de resíduo. Apesar de ser vista como independente, é uma entidade sem fins lucrativos e monitorizada pelos vários ministérios. O sistema é financiado através do pagamento de ecovalor, no valor de 666\$/t de óleo novo que é posto a circular (CONCAWE, 1996).

ESPAÑA

Em Espanha não existe um sistema único, existindo diferenças de comunidade autónoma para comunidade autónoma (CONCAWE, 1996).

Na região da Catalunha, os custos da recolha são suportados pelos detentores de óleos usados. No entanto, o óleo recolhido é livre de encargos se tiver como destino empresas que realizam regeneração. Nesta região as empresas de regeneração são ainda subsidiadas entre 88-94€/t de óleo usado recuperado (valores para o ano de 2001). Ainda para esta região, é imposta uma taxa (ecovalor) aos lubrificantes novos colocados no mercado no valor de 76 €/t. Esta é a única comunidade em Espanha a cobrar ecovalor (Fullana, 2005).

Nas restantes regiões de Espanha existe uma subsídio por parte do governo, para os operadores que realizam as operações de recolha e tratamento de óleo usado (variando de região para região, com valores entre os 31 €/t até aos 50€/t) (Alcobia, 2009).

REINO UNIDO

De acordo com a *Environmental Protection Act 1990*, os óleos usados têm a definição de resíduos controlados, sendo da responsabilidade de cada produtor de resíduos, garantir que este fica armazenado em segurança e que será recolhido por uma empresa licenciada na recolha e tratamento deste tipo de resíduos (CONCAWE, 1996).

Nalgumas situações, as empresas que recolhem o óleo usado pagam determinado valor (acordado entre produtor e entidade de recolha) sendo este valor pago em função da quantidade de óleo recolhido. Este comportamento visa aumentar a motivação do produtor de óleos, procurando que este realize uma mais cuidada separação e armazenamento do mesmo, até que a entidade o venha recolher. Por os óleos usados não possuírem ainda uma lei única, o sistema de gestão não possui um “administrador”. Este sistema não integra qualquer tipo de taxas ou subsídios por forma a financiar-se (CONCAWE, 1996).

2.5. PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÓLEOS USADOS

2.5.1. INTRODUÇÃO

Nos capítulos anteriores foi descrito o funcionamento do SIGOU, sendo também referidas obrigações legislativas em vigor em Portugal bem como descritos sistemas de gestão integrada de óleos usados (em Portugal e noutros países europeus). No entanto não foram ainda descritas as várias fases e tecnologias de valorização usadas. Nesta secção será feita uma exposição dos processos de tratamento usados com destino à reciclagem, regeneração e valorização energética do óleo lubrificante usado, bem como das principais tecnologias utilizadas. Esta secção foi considerado necessária uma vez que ao sistema de recolha, tratamento e envio para regeneração e/ou reciclagem estão associadas algumas destas operações.

As principais fontes consultadas foram o relatório encomendado pela Comissão Europeia – *Critical review of existing studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration of waste oils*, dos autores Véronique Monier e Eric Labouze (2001); o documento da Comissão Europeia – *Reference document on the best available techniques for the waste treatments Industries* (2006) e ainda a dissertação de mestrado *Desenvolvimento de um modelo conceptual para a Análise do Ciclo de Vida (ACV) de tecnologias de tratamento e valorização de óleos usados*, de Betina Alves Alcobia (2009). Segundo estes três documentos, considera-se que existem três destinos de tratamento de óleos lubrificantes usados, sendo eles: a regeneração, a reciclagem e a valorização energética.

O primeiro destino de tratamento consiste em converter o óleo usado num material que pode ser usado como óleo base para produzir óleos lubrificantes, processo este a que se dá o nome de refinação ou regeneração (C.E., 2006).

O segundo destino de tratamento consiste em tratar os óleos usados de forma a produzir-se um material que posteriormente poderá ser usado, não só como combustível, mas também para outros fins (*e.g.* óleo absorvente ou óleo descofrante). Este tipo de tratamento inclui a limpeza de óleos usados, o fracionamento térmico e a gaseificação. Este processo é também designado de reciclagem (C.E., 2006).

O terceiro destino de tratamento consiste em tratar os óleos usados para que a sua incineração conduza à produção de energia. Esta fase de tratamento tem vindo a receber cada vez menos quantidade de resíduos (nos últimos quatro anos registou-se mesmo o valor de zero toneladas de óleo que foram destinados a este tratamento), resultado da melhoria na qualidade de óleo que atualmente é recolhido. (SOGILUB, 2012).

Na Figura 2.4 estão representados os diversos processos, etapas e produtos que resultam de cada um dos processos, preparando assim os óleos usados para que estes possam seguir para os respetivos destinos de tratamento (reciclagem, regeneração ou valorização energética).

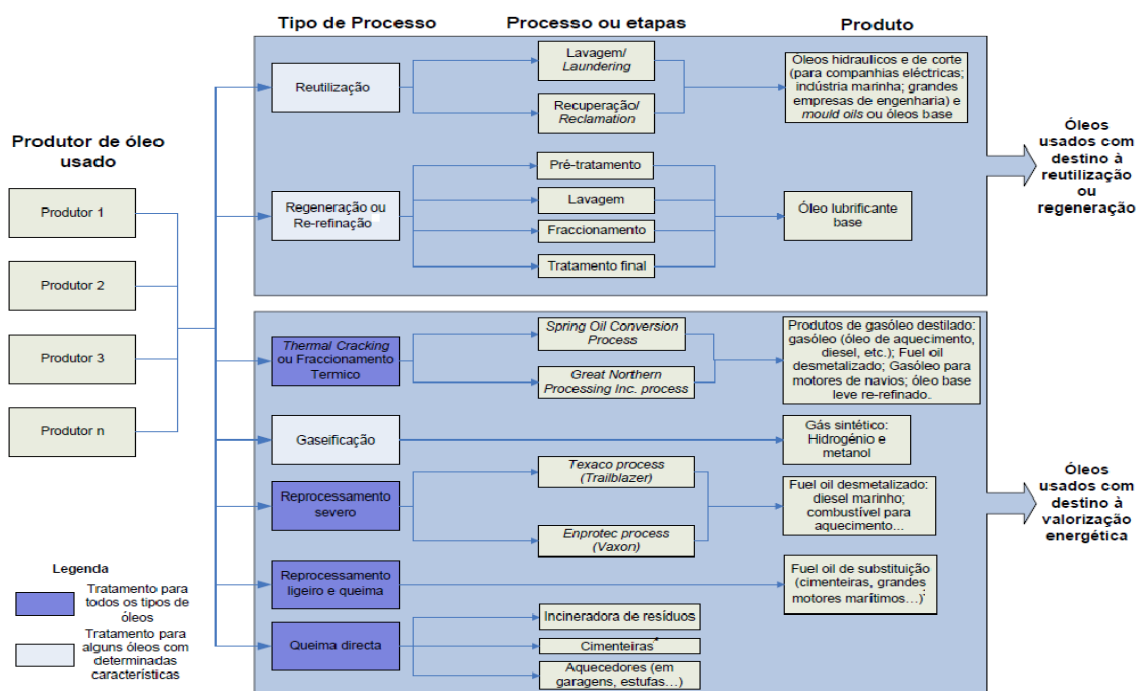


Figura 2.4 Processo de tratamento de óleos usados (Alcobia, 2009)

Para reutilizar um óleo usado e transformá-lo num óleo base apropriado para produção de óleo lubrificante, é necessário proceder à sua limpeza ou regeneração. Estes processos envolvem, não só a remoção de impurezas e defeitos, mas também de restos de produtos provenientes da sua anterior utilização.

Normalmente este processo remove todas as impurezas e aditivos, restando apenas o óleo base. Posteriormente os produtores de lubrificantes adicionam substâncias a esta base, de forma a obter um produto com as especificações necessárias de um óleo lubrificante virgem. Este óleo lubrificante virgem possui um grande valor no mercado, sendo inclusivamente vendido posteriormente a vários produtores.

Na Figura 2.5 apresentam-se esquematicamente todos os processos existentes, desde que o óleo chega a uma estação de tratamento, até ao momento em que fica pronto a ser novamente utilizado, sendo identificados os principais fluxos que se registam na grande maioria das instalações de recuperação de óleos usados (C.E., 2006).

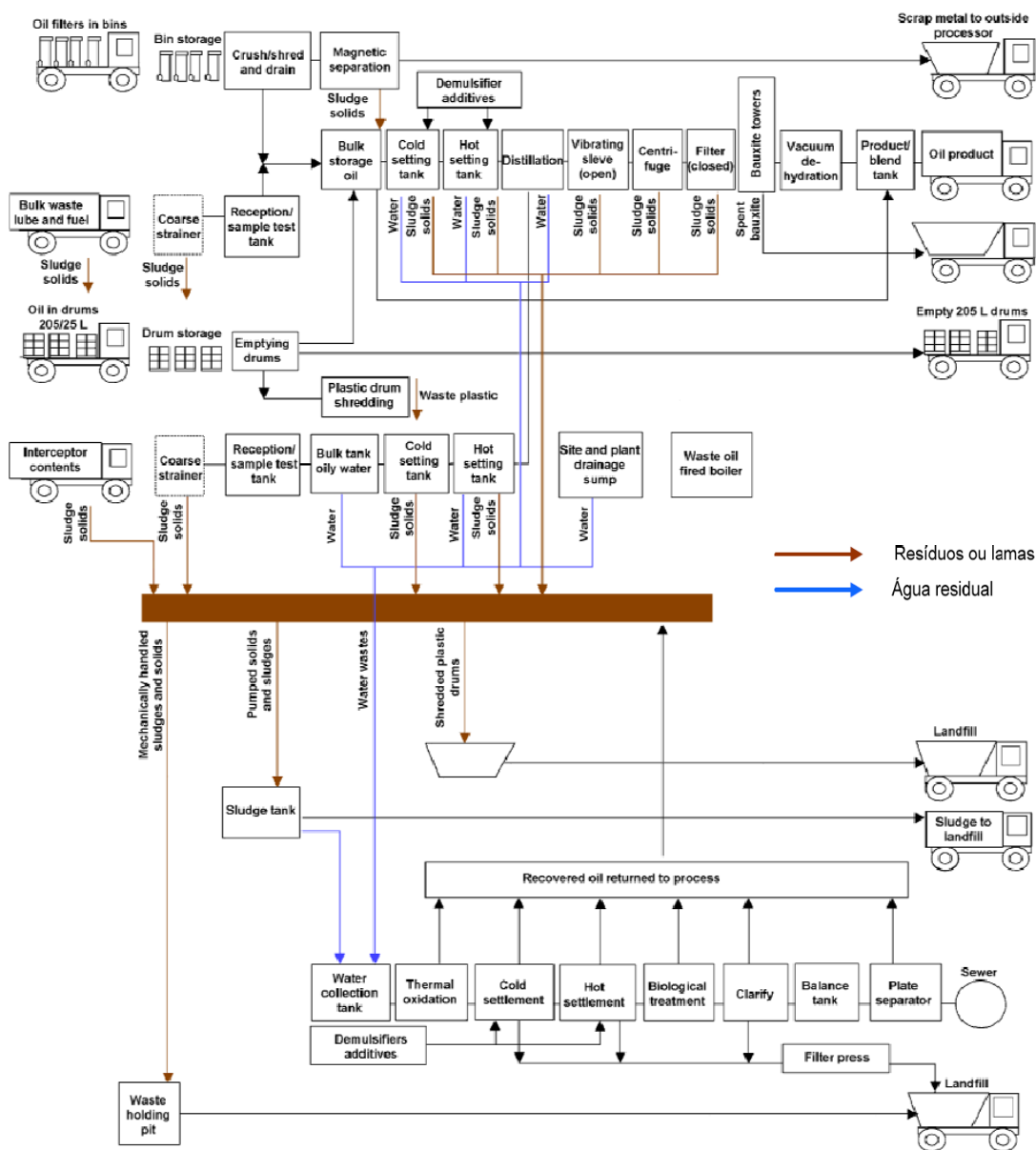


Figura 2.5 Fluxograma genérico do tratamento de óleos usados (adaptado de C.E., 2006)

Na Figura 2.5 é possível verificar a chegada dos veículos com OLU (que de acordo com o modo como é recolhido poderá ser entregue às estações de tratamento em contentores individuais ou num grande contentor, que depois é despejado) e todos os processos passíveis de serem aplicados para tratar óleo usado. A figura ilustra ainda os processos de remoção de sedimentos e água, resultantes do tratamento de óleo usado, e o posterior reencaminhamento para os destinos finais (respetivamente aterro e ETAR). Na prática, a maioria das instalações utiliza apenas alguns dos processos ilustrados na Figura 2.5, existindo geralmente dois fluxos paralelos ou mais para cada processo a decorrer em simultâneo (C.E., 2006).

2.5.2. RECICLAGEM

Existem, no essencial, dois métodos de reciclagem de óleos lubrificantes, antes de os devolver aos consumidores: limpeza e recuperação (Monier e Labouze, 2001).

A limpeza é um sistema de ciclo fechado, visto que gera pequenas quantidades de óleo usado. É um método especialmente feito para tratamento de óleos usados hidráulicos e de corte. A remoção de sólidos por filtração, remoção de água e incorporação de aditivos permite que o óleo regresse ao seu estado original, estando assim apto para uma nova utilização.

A recuperação é um processo de reciclagem mais ligado a óleos hidráulicos usados. Estes óleos são apenas centrifugados e/ou filtrados e posteriormente são usados, por exemplo, como óleo descofrante ou óleo base para produção de óleo para instrumentos de corte (Alcobia, 2009).

A Figura 2.6 ilustra os vários processos, pelos quais o óleo usado pré-tratado passa, seja a fase de limpeza ou a fase de recuperação. A passagem por cada uma destas fases levará a que o produto final seja naturalmente diferente: ou é produzido óleo base para produção de óleo lubrificante hidráulico ou óleo base para produção de óleo para instrumentos de corte. Na referida Figura 2.6 estão contemplados todos os processos, desde a aquisição do óleo usado aos produtores (ou de uma unidade de pré-tratamento, uma vez que os óleos usados poderão ser sujeitos a um processo de pré-tratamento noutras instalações) até ao transporte dos produtos e co-produtos aos destinos finais.

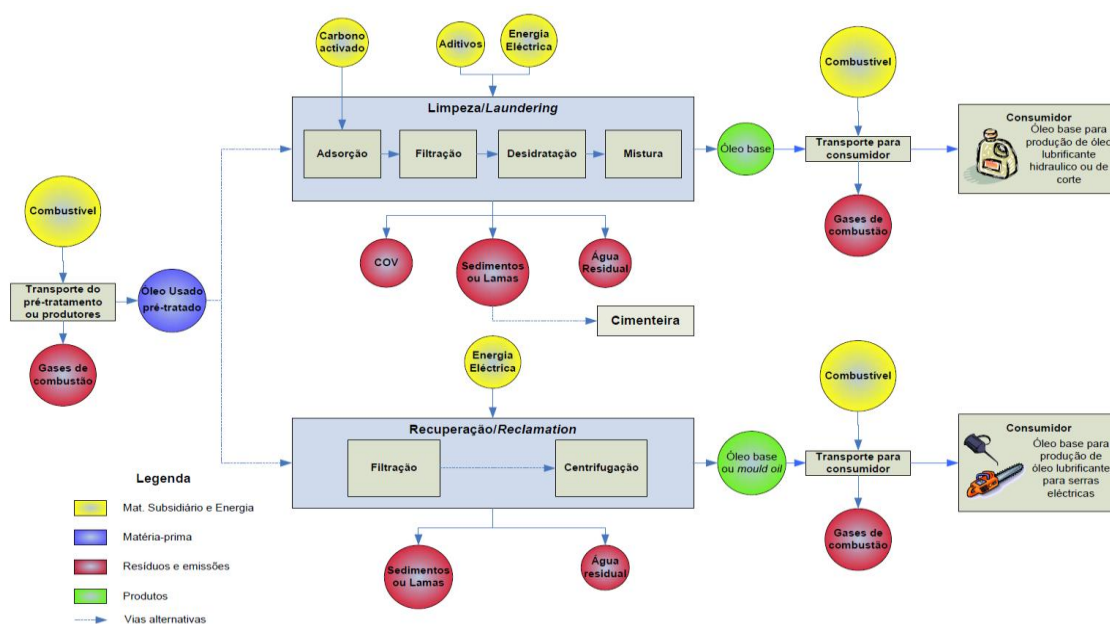


Figura 2.6 Fluxograma dos processos de reciclagem (Alcobia, 2009)

Convém ainda referir que a reciclagem é o principal destino dos óleos usados em Portugal. Só no ano de 2009 a quantidade anual de óleos reciclados atingiu o valor máximo de 18 479 toneladas, tendo no ano anterior sido registado o valor de 14 824 toneladas. No entanto é já visível uma potencial inversão desta tendência (com o aumento da quantidade de OLU remetido para regeneração e diminuição do OLU remetido para reciclagem) (Figura 2.7).

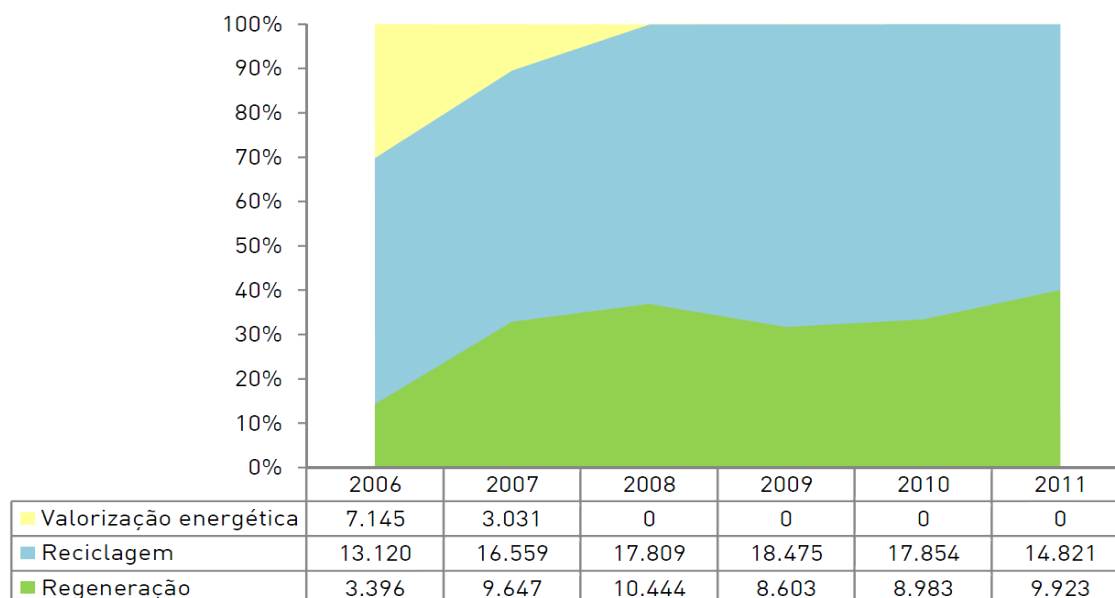


Figura 2.7 Destinos de valorização de óleos usados no ano de 2011 (SOGILUB, 2012)

Apesar da diminuição significativa face a 2010 (- 3 033 toneladas) foi cumprida, com larga margem, a meta de reciclagem estabelecida no Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho (Figura 2.8), que mesmo com a atualização de 50 para 75% continua a ser cumprido.

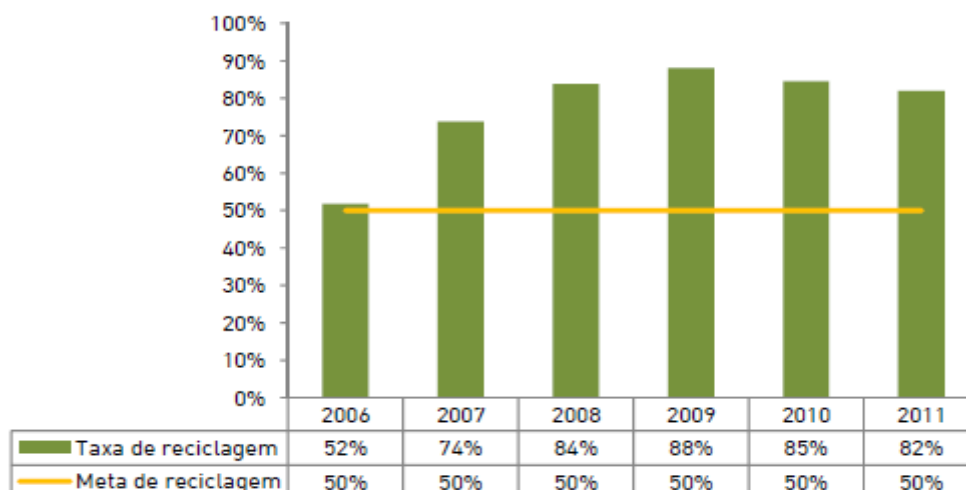


Figura 2.8 Valores atingidos e objetivos de reciclagem para óleos usados (SOGILUB, 2012)

De referir ainda que, com a atualização do Decreto-Lei n.º 153/2003, de 11 de julho para o Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho, as metas de reciclagem, de pelo menos 50% dos óleos usados recolhidos e não sujeitos a regeneração passaram a estabelecer-se os 75% do total que é recolhido como valor de meta. No entanto, os dados mais atualizados dizem respeito ao ano de 2011, sendo que para esse ano a meta em vigor era ainda de 50%, valor plenamente cumprido.

2.5.3. REGENERAÇÃO

Para os vários processos de tratamento de óleo não existe uma fórmula restrita. No entanto algumas etapas são essenciais para que se possa concluir que o processo foi bem-sucedido e que se obteve um bom produto final.

Particularizando para a regeneração, também as várias fases podem diferir, dependendo da tecnologia usada nas várias operações de fracionamento e tratamento final. Contudo algumas etapas são comuns à grande maioria dos processos: i) pré-tratamento; ii) limpeza de óleos usados; iii) fracionamento de óleos usados; iv) tratamento final dos óleos usados (Alcobia, 2009).

É ainda importante referir que a regeneração de óleos usados constitui o destino prioritário na hierarquia do tratamento e valorização de óleos usados.

Em Portugal, os óleos encaminhados anualmente para a regeneração aumentaram de 2006 (3 396 toneladas) até 2008 (10 444 toneladas), tendo-se registado uma redução no ano de 2009 (8 603 toneladas). No entanto, desde 2009 e até ao ano de 2011, a tendência voltou a ser de crescimento (9 923 toneladas, representando um aumento de 6% relativamente ao ano de 2009) (SOGILUB, 2012).

Relativamente às metas definidas na legislação (ainda em vigor o DL n.º 153/2003, de 11 de julho), e à semelhança do que acontece com a reciclagem, os valores também são cumpridos (Figura 2.9).

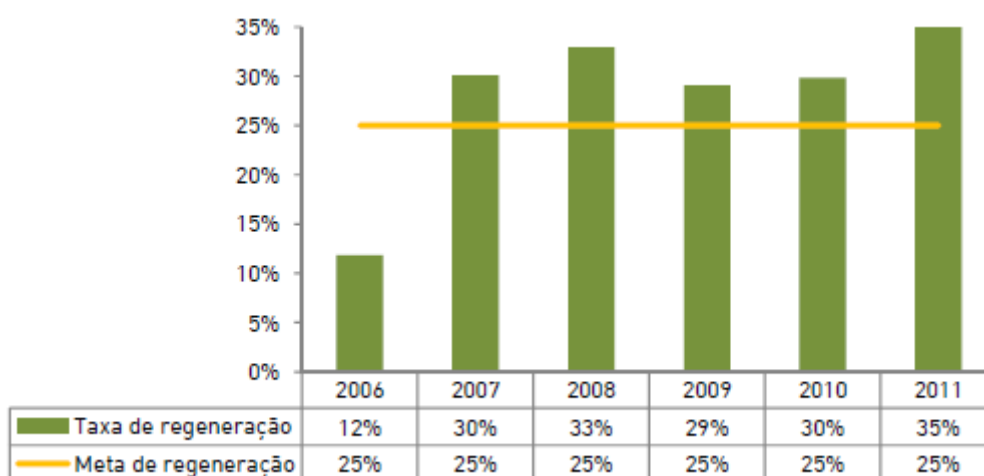


Figura 2.9 Valores atingidos e objetivos de regeneração para óleos usados (SOGILUB, 2012)

No entanto registam-se valores bem mais baixos do que os registados para a reciclagem. De notar que, aplicando as metas estabelecidas no Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho (que referem um valor mínimo de 50% para óleo destinado à regeneração) a sociedade gestora não atingiria a meta proposta (com uma diferença de 15% em relação ao valor presente no Decreto-Lei). Seguidamente são descritas as várias etapas pelos quais um óleo passa, com destino à regeneração.

PRÉ-TRATAMENTO

Esta etapa de “pré-tratamento” não é comparada à aplicada noutros sistemas de tratamento de óleo usado, visto que não se obtém um produto final, mas sim um produto intermédio para atingir o objetivo final de tratamento. São então removidos a água e os sedimentos do óleo usado através de um simples tratamento físico-mecânico. As principais técnicas usadas neste caso são a sedimentação, a filtração e a centrifugação ou destilação (C.E., 2006).

Desta forma o óleo usado recebido na instalação de tratamento é encaminhado para tanques onde permanece até se formarem três camadas: a camada superior de óleo, a camada de água e a camada inferior de lamas. Por vezes, utiliza-se uma fonte de calor neste processo para reduzir a viscosidade do óleo (C.E., 2006).

LIMPEZA DE ÓLEOS USADOS

Esta etapa inclui a remoção de asfalto e ainda de resíduos asfálticos: metais pesados, polímeros, aditivos e outros compostos de degradação e oxidação. Tal remoção acontece através de três processos alternativos, sendo eles: destilação; limpeza com ácido (os resíduos asfálticos são removidos por contacto com ácido sulfúrico ou precipitados para formar sulfatos) e ainda limpeza com argila (o óleo clarificado é misturado com argila que remove, por adsorção, qualquer composto polar ou indesejável ainda presente) (Alcobia, 2009).

FRACIONAMENTO DE ÓLEOS USADOS

Nesta etapa é realizado um processo de separação física dos óleos base, utilizando as diferentes temperaturas de ebulição dos componentes dos mesmos, por forma a produzir duas ou três frações de destilação. São utilizadas unidades de destilação em vácuo que variam desde colunas de separação simples a colunas de destilação fracionada, tais como as que são utilizadas em refinarias de óleo mineral (C.E., 2006).

TRATAMENTO FINAL DOS ÓLEOS USADOS

Nesta etapa procede-se à última limpeza das diferentes frações produzidas durante a etapa de fracionamento, de forma a obter-se um produto com determinadas especificações, podendo essas corresponder a melhoria da cor e cheiro, ou o aumento da estabilidade térmica. Esta etapa pode também incluir a remoção de HAP no caso em que se procede ao *hidrofinishing* severo ou extração por solvente (baixas temperaturas e pressão) (C.E., 2006).

As técnicas usadas nesta etapa são as seguintes:

- Tratamento alcalino – É mais utilizado KOH e NaOH, por forma a melhorar as propriedades da cor;
- Tratamento com terra descorante – É um tratamento terciário para remover a coloração negra do óleo para que possa ser comparado visualmente ao óleo base virgem;
- Polimento de argila – Processo semelhante ao do ácido/argila, mas não é usado ácido neste processo. É utilizada bentonite como argila, sendo que a argila é separada do óleo utilizando um filtro. Geralmente o polimento com argila não produz um óleo base de qualidade tão elevada como o obtido após hidrotratamento e extração por solvente;
- Hidrotratamento – É removido cloro e enxofre do óleo usado, através de altas temperaturas, numa atmosfera de hidrogénio e em contacto com catalisadores, sendo

convertidos em HCl e H₂S (que posteriormente pode ser convertido em enxofre). Fósforo, chumbo e zinco são igualmente removidos através deste processo. A qualidade do destilado é muito elevada e as frações de petróleo são imediatamente comercializáveis;

- Extração por solvente – São removidos os HAP dos óleos base através da sua extração por um solvente. Esta técnica melhora igualmente o índice de cor e de viscosidade. O óleo base usado como entrada neste processo deve ser de boa qualidade. Deste processo resulta um óleo base de elevada qualidade, o solvente usado (que é regenerado) e um pequeno fluxo de óleo base com elevadas concentrações de HAP que é usado como combustível (C.E., 2006).

2.5.4. PROCESSOS DE TRATAMENTO COM DESTINO À VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA

Existem ainda processos de tratamento de óleos usados com destino à valorização energética. Tais processos existem devido ao poder calorífico e económico que está associado a este tipo de resíduos. Um dos principais destinos é mesmo como combustível de substituição, particularmente para carvão, *diesel* e óleo combustível leve (Alcobia, 2009).

Existem várias instalações de queima, que se diferenciam entre si pelas temperaturas a que efetuam as queimas e, em parte, pela tecnologia de controlo que utilizam para reduzir efeitos ambientais nefastos. Pode ser necessário realizar vários tratamentos de limpeza ou de transformação antes de utilizar o óleo usado como combustível (Alcobia, 2009).

Estes processos são essencialmente cinco: o fracionamento térmico (ou *thermal cracking*), a gaseificação, o reprocessamento rigoroso, o reprocessamento ligeiro e a queima direta.

O Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho não refere metas, relativamente à valorização energética, sendo que este destino é o ultimo na hierarquia de gestão de resíduos. Por esse facto, este destino tem sido preterido em favor, sempre que possível, da regeneração e reciclagem sendo que, desde o ano de 2008, este destino deixou de registar qualquer quantidade de OLU valorizado (SOGILUB, 2012).

FRACIONAMENTO TÉRMICO (THERMAL CRACKING)

Este processo utiliza calor para quebrar longas cadeias de hidrocarbonetos, tais como as que se encontram nos óleos usados, de forma a criar cadeias de tamanho mais reduzido e, consequentemente, combustíveis líquidos mais leves. Desta forma, grandes moléculas de hidrocarbonetos viscosos e pouco valiosos são convertidas em combustíveis líquidos mais valiosos e menos viscosos, podendo este produto variar desde combustível pesado desmetalizado, a óleo lubrificante industrial leve, incluindo produtos de gasóleo e outros produtos para outros fins (C.E., 2006).

Neste processo toda a água é evaporada, uma vez que ocorre a altas temperaturas. Após a remoção da água e antes da etapa de fracionamento, a maioria dos metais pesados é removido nas lamas ou através de tratamentos com ácido. O óleo pré-tratado é então termicamente fracionado a 420° C e a baixas pressões (sem a presença de catalisadores).

Posteriormente, produz-se um combustível (gasóleo) por destilação e estabilização. As condições dos processos de fracionamento térmico podem ser alteradas de modo a diferir a intensidade do “*cracking*” para cada caso, formando assim produtos diferentes (C.E., 2006).

Todo este processo encontra-se esquematizado na Figura 2.10.

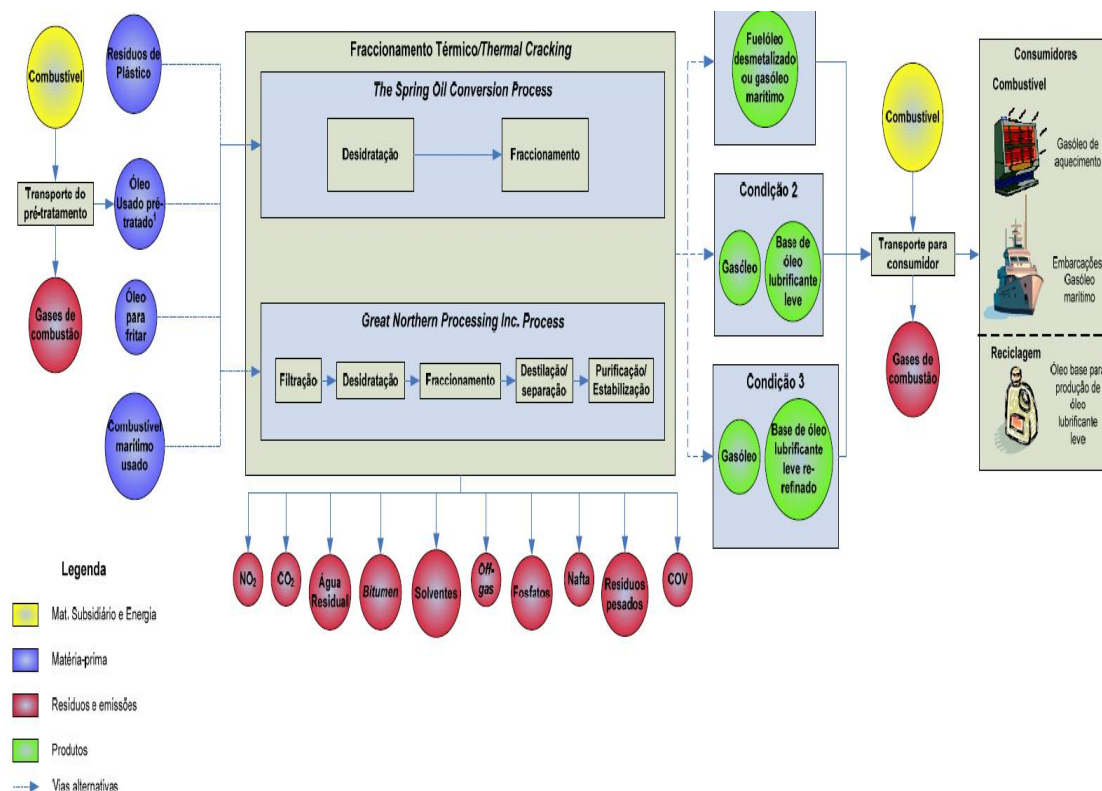


Figura 2.10 Fluxograma dos processos de fracionamento térmico (Alcobia, 2009)

GASEIFICAÇÃO

O processo de gaseificação aqui descrito foi desenvolvido pela companhia TEXACO. Este processo iniciou-se no ano de 1994 para o tratamento de resíduos perigosos, sendo nesta altura usado em mais de 100 unidades industriais (Monier e Labouze, 2001).

Através deste processo é possível tratar materiais de resíduos perigosos que contenham tantos compostos orgânicos como metais pesados. Os compostos orgânicos são convertidos em gás sintético (*syngas*), que pode ser usado como combustível ou como intermediário químico, composto principalmente por hidrogénio e monóxido de carbono. A maior parte dos metais pesados é misturada juntamente com a matéria mineral residual, transformando-se posteriormente em escória de vidro. Os resíduos são colocados num reator com baixos teores de oxigénio (oxidação parcial), a temperaturas que variam entre 1205° C e 1455° C e a pressões acima de 15 bar (Alcobia, 2009).

De acordo com a TEXACO, estas condições severas destroem os hidrocarbonetos e os compostos orgânicos presentes na matriz residual, evitando igualmente a formação de co-produtos orgânicos indesejáveis associados ao processo de conversão de outros combustíveis fósseis (EPA, 1995). O *syngas* produzido neste processo pode ser usado como reagente para sínteses químicas ou como combustível limpo para produção de energia elétrica, quando

incinerado numa turbina de gás. Não se produzem contaminantes orgânicos, além do metano, e a eficiência de remoção e de destruição é superior a 99,99% (Alcobia, 2009).

Este processo encontra-se representado na Figura 2.11.

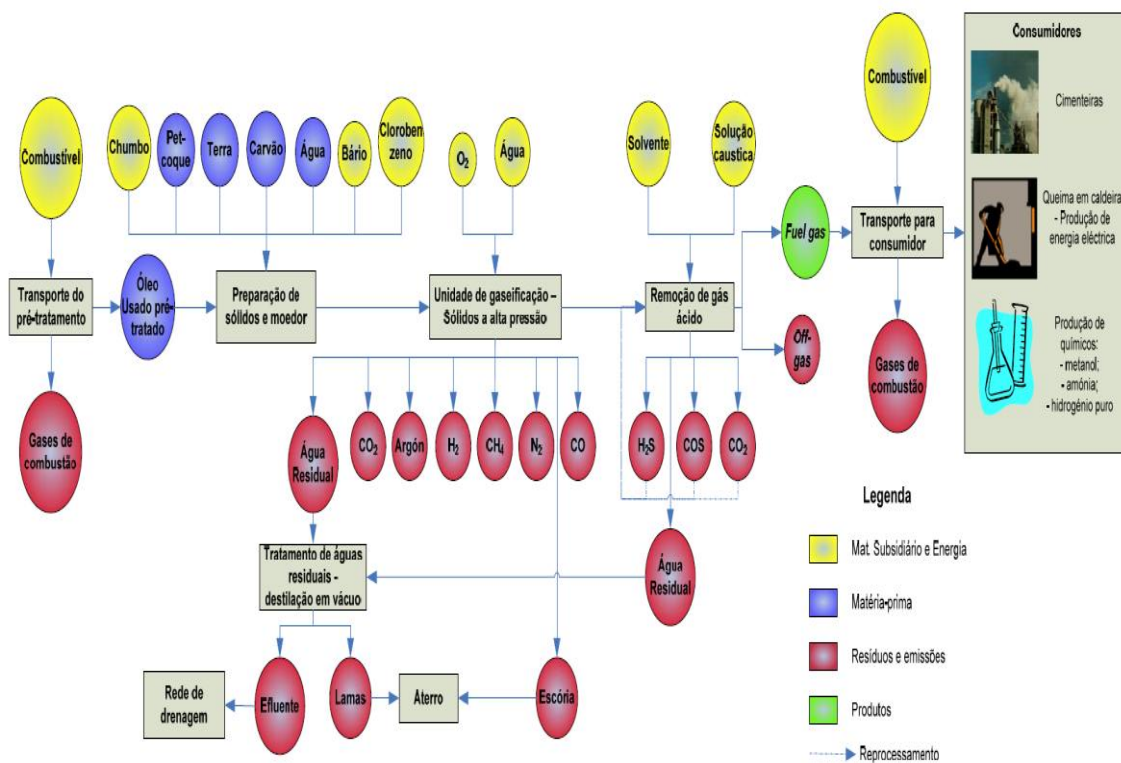


Figura 2.11 Fluxograma dos processos de gaseificação (Alcobia, 2009)

REPROCESSAMENTO RIGOROSO

Este processo tem como objetivo separar a fração de óleo usado da fração de fundo menos desejável, que contém metais, cinza não combustível, areia e brita. O reprocessamento rigoroso transforma os óleos usados em combustíveis que podem ser queimados em condições semelhantes às de outros óleos combustíveis.

Esta técnica utiliza colunas *flash* e colunas de destilação (em vácuo), por forma a produzir um combustível mais limpo e apropriado para ser usado. Existem tratamentos químicos (ácido/argila, extração por solvente, extração com propano) assim como tratamentos térmicos: processo *trailblazer* e processo *vaxon* (C.E., 2006).

No processo *vaxon* (Figura 2.12) são aplicados evaporadores de ciclone em vácuo, seguindo-se depois uma fase de tratamento químico do destilado obtido. O processo compreende três etapas essenciais: i) remoção da água e nafta; ii) remoção do gasóleo, óleos *spindle* (óleos com baixa viscosidade utilizados em máquinas) ou óleo combustível leve da massa de óleo usado; iii) separação de diferentes frações de destilação (em que todos os metais, aditivos, sedimentos e hidrocarbonetos pesados estão concentrados).

As frações destiladas resultantes no final do processo terão então boa qualidade para serem utilizadas como combustíveis industriais (C.E., 2006).

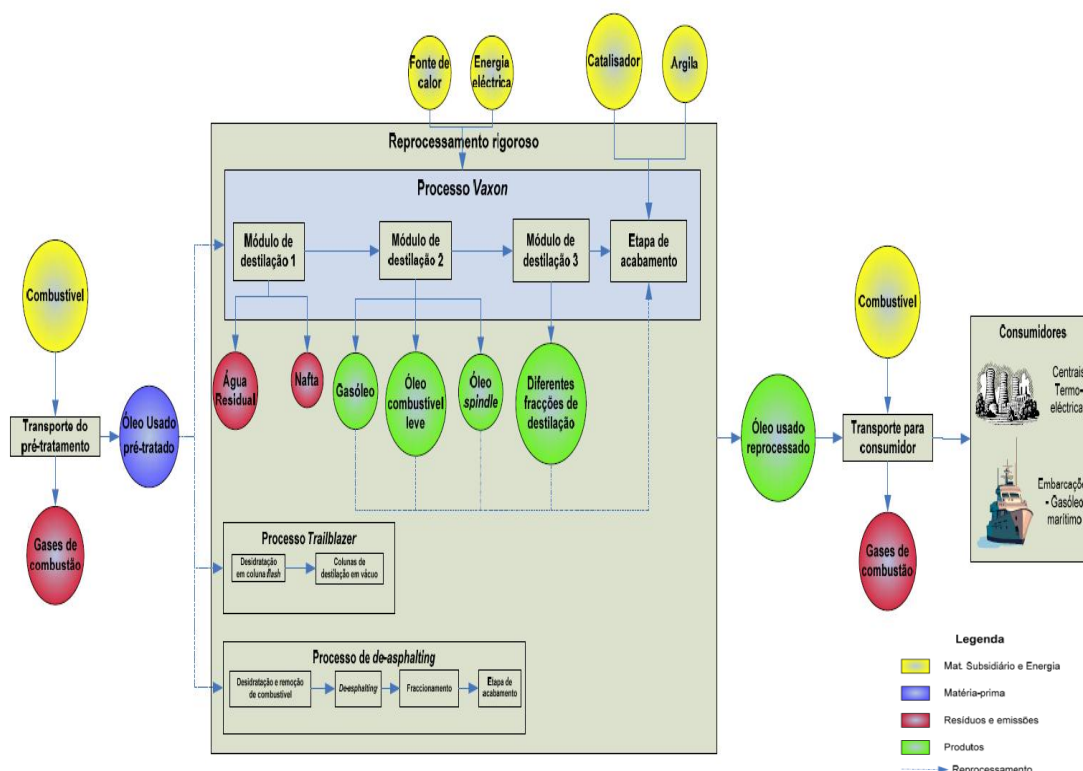


Figura 2.12 Fluxograma dos processos de reprocessamento rigoroso – processo vaxon
(Alcobia, 2009)

Quanto ao *trailblazer*, o óleo usado neste processo é desidratado através de uma fonte de calor e posteriormente sofre uma destilação em vácuo para produzir três fluxos de saída (Figura 2.13). É possível produzir 80% de óleo destilado sem cinza através deste processo (C.E., 2006).

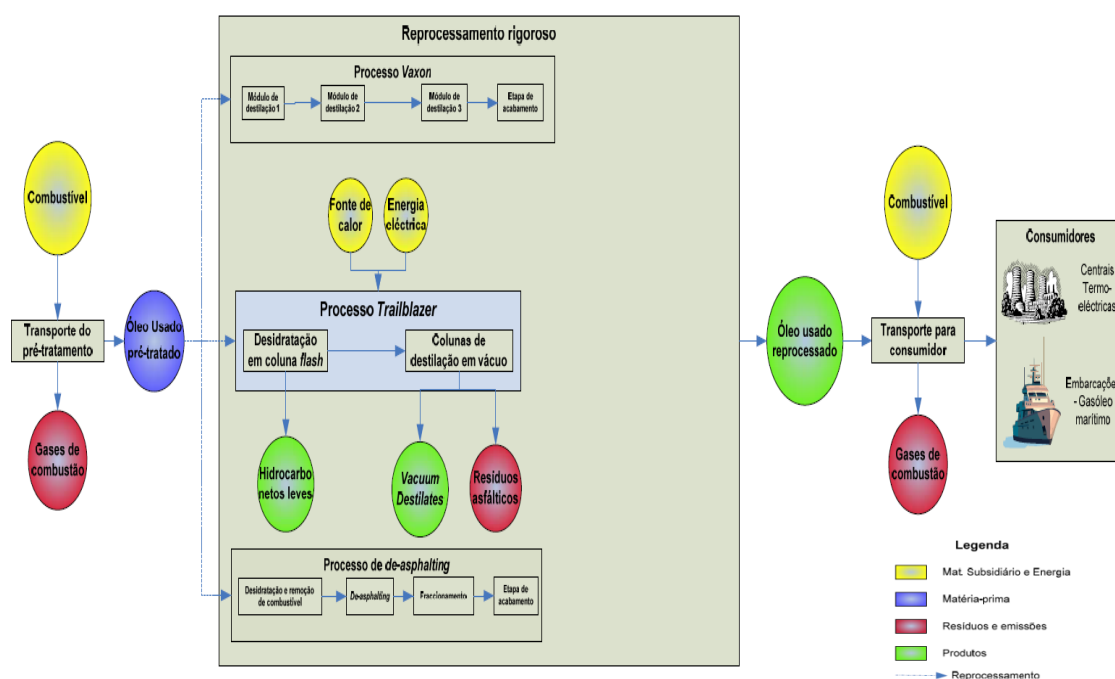


Figura 2.13 Fluxograma dos processos de reprocessamento rigoroso – processo trailblazer
(Alcobia, 2009)

Interessa ainda referir que, neste processo são produzidos vários co-produtos, alguns deles com interesse comercial, se devidamente tratados (como os aditivos). No entanto, a qualidade dos mesmos não é significativa estando estes muitas vezes destinados a locais como aterros sanitários.

REPROCESSAMENTO LIGEIRO

Este processo é aplicado para limpar os óleos usados e otimizar as propriedades físicas, para que possam ser utilizados como combustível.

A primeira etapa compreende a sedimentação de sólidos e água, com a ajuda de calor (70°C-80°C) e um agente desemulsificante. O óleo usado clarificado pode ainda ser decantado e pode passar por uma série de filtros. A água residual e os sedimentos, resultantes do processo, são ainda tratados (C.E., 2006).

Existem também outros processos de reprocessamento ligeiro, que envolvem outras etapas como a desmineralização química. Neste caso o óleo sofre um tratamento para que seja limpo de contaminantes químicos e aditivos. O processo químico depende da precipitação de sais, tais como fosfatos, oxalatos e sulfatos. O combustível residual é apropriado para queima e produz menos poluentes do ar devido ao processo de pré-tratamento. A água é removida através de calor e de um agente desemulsificante e o precipitado é removido por sedimentação e filtração. Nesta etapa é gerado um concentrado de resíduos perigosos. A centrifugação e a filtração por membrana podem ser incluídas como etapas no processo de reprocessamento ligeiro. A filtração por membrana produz um óleo reciclado de elevada qualidade, um concentrado de óleo residual e água mineral (C.E., 2006).

À semelhança do reprocessamento rigoroso, também este processo produz vários co-produtos, alguns deles de elevado valor comercial (*e.g.* o óleo reciclado). Desta forma, será necessário proceder à alocação dos vários co-produtos gerados em cada sub-processo deste tipo de reprocessamento. Neste caso será ainda mais importante que no anterior, uma vez que alguns co-produtos têm inclusivamente um elevado valor de mercado (Figura 2.14).

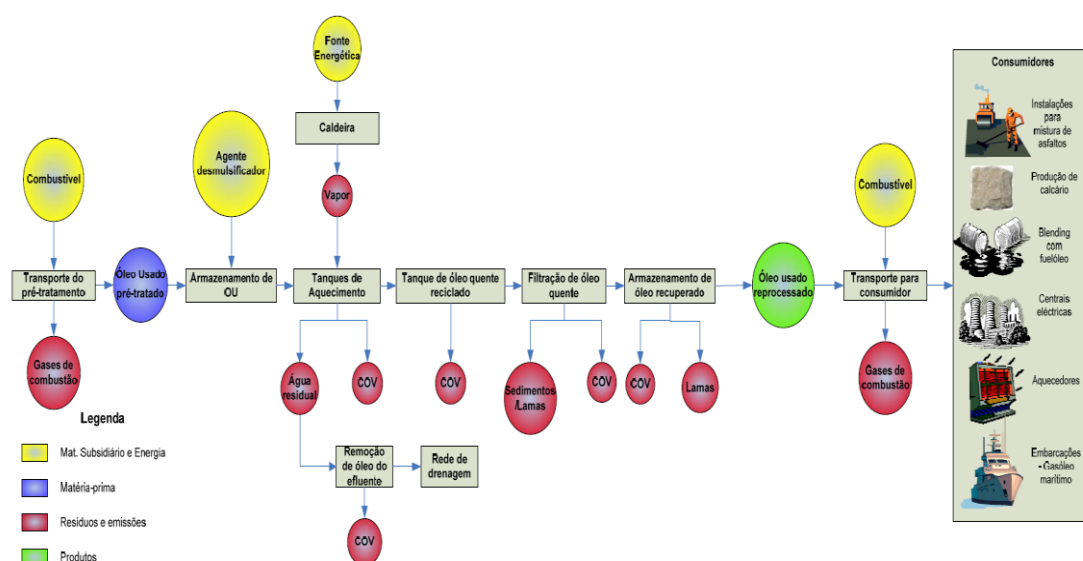


Figura 2.14 Fluxograma dos processos de reprocessamento ligeiro (Alcobia, 2009)

QUEIMA DIRETA

A queima direta de óleos usados, sem qualquer tratamento, é uma opção de tratamento/eliminação, utilizado por toda a Europa. No entanto a sua utilização depende das circunstâncias económicas e legislativas de cada país, sendo que em alguns países, como Portugal é prática ilegal.

Existem quatro setores identificados, onde os óleos usados podem ser queimados diretamente: fornos de cimento (caldeiras), incineradoras de resíduos, como combustível/agente redutor em altos-fornos (para esta prática o óleo é muitas vezes vendido) e em grandes instalações de combustão.

No entanto, é seguro referir que, face às exigências legislativas e depois da criação da SOGILUB, os valores de óleo usado destinados a este destino caiu muito, sendo oficialmente de 0 toneladas desde o ano de 2008 (SOGILUB, 2012).

3. METODOLOGIA

3.1. PLANEAMENTO DO TRABALHO

A metodologia adotada para atingir os objetivos da presente dissertação foi estruturada nas seguintes etapas:

Fase 1 – Análise da situação de referência e seleção dos indicadores a estudar.

Para o cumprimento dos objetivos propostos, selecionou-se um conjunto de indicadores de desempenho, tanto económico como ambiental, por forma a conseguir caracterizar uma situação de referência, em que não seria praticada a recolha seletiva de OLU.

A escolha dos indicadores ambientais foi feita com base na Recomendação da Comissão de 10 de julho de 2003 (C.E., 2003a), que define o tipo de indicadores a escolher, no âmbito da caracterização do desempenho ambiental para determinados tratamentos de OLU (neste caso indicadores de fluxos de entrada e saída de produtos). Já os indicadores económicos foram escolhidos com base nos dados disponíveis passíveis de serem quantificados

Para a quantificação destes dados foram usados os elementos obtidos pela SOGILUB para o ano de 2011 (e apresentados no respetivo relatório de atividades), bem como através de estimativas realizadas com base na literatura sobre o tema. A caracterização da situação de referência incluiu, de acordo com o atrás referido, uma análise económica e uma análise ambiental.

A conclusão desta fase implicou que fosse eliminada a metodologia inicialmente pensada de análise de um caso de estudo. Esta metodologia inicial foi abandonada porque a empresa que iria servir de caso de estudo (que por motivos de confidencialidade será apenas definida por Empresa A) não disponibilizou os dados necessários para uma caracterização real da situação de referência.

Fase 2 – Definição e descrição de cenários com aplicação de recolha seletiva.

Esta fase iniciou-se com uma análise à exequibilidade da recolha seletiva de OLU. Foi concluído que, tecnicamente, é exequível a sua prática. O passo seguinte consistiu na definição dos cenários a serem estudados, nomeadamente ao nível da definição das percentagens de adesão à recolha seletiva e novo cálculo dos indicadores definidos na situação de referência.

Fase 3 – Tratamento e análise dos resultados.

Esta fase consistiu no tratamento e análise dos dados quantificados na fase anterior e na confrontação das hipóteses formuladas para este estudo. Esta fase concluiu-se com a comparação entre cenários.

3.2. VARIÁVEIS SELECIONADAS E PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

Como referido na introdução, o objetivo deste trabalho é estudar a viabilidade e possível implementação da recolha seletiva de OLU, em Portugal.

Inicialmente foi estudada a viabilidade técnica, relativamente a essa implementação. Observando os hábitos de diversos produtores foi possível verificar que, para uma fase inicial de implementação da separação seletiva, cada produtor de OLU poderá separar até três tipos

diferentes de óleo usado. Deste modo, o recurso a um contentor extra de separação poderá ser uma solução viável para a aplicação da separação seletiva.

Relativamente ao estudo da viabilidade económico-ambiental, foram selecionadas as seguintes variáveis, por forma a conseguir quantificar os efeitos que a recolha seletiva terá no SIGOU:

1. Consumo de energia elétrica/ano;
2. Consumo de derivados de petróleo/ano;
3. Consumo de materiais perigosos/ano;
4. Quantidade de sedimentos gerados/ano;
5. Quantidades de água residual gerada/ano;
6. Venda de óleo tratado/ano;
7. Custo com tratamento de óleo usado/ano.

Na análise efetuada, foram considerados alguns pressupostos, por forma a facilitar o tratamento dos dados disponíveis.

Esses pressupostos são referidos em seguida:

1. O OLU que é recolhido será destinado exclusivamente a regeneração ou reciclagem, dependendo do tipo de OLU recolhido;
2. Quando o OLU é recolhido seletivamente não existe contaminação *a priori*, permitindo assim que este siga de imediato para o destino regeneração ou reciclagem não se perdendo qualquer quantidade (não passando, por este facto, pela fase de tratamento);
3. Quando o OLU é recolhido indiscriminadamente este passará necessariamente pela fase de tratamento;
4. Assume-se que o OLU recolhido seletivamente (e o OLU recolhido indiscriminadamente, depois de tratado) por evitar contaminações de outros óleos, cumpre sempre com os requisitos presentes no Despacho Conjunto n.º 662/2005, de 6 de setembro, relativo às especificações técnicas para óleos que se destinem a reciclagem ou regeneração.

Com este estudo pretendeu-se avaliar, se é viável a aplicação da recolha seletiva de OLU em Portugal, e de que modo esta poderá ser implementada.

4. RESULTADOS

4.1. CARATERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

4.1.1. INTRODUÇÃO

A implementação de uma eventual recolha seletiva a óleos lubrificantes usados exige uma análise à situação de referência, de forma a:

- 1) Perceber se é exequível a sua aplicação;
- 2) Ter conhecimento dos tipos de óleo usado que poderão vir a ser separados por parte dos produtores;
- 3) Ter uma noção das quantidades que poderão vir a ser recolhidas seletivamente, por forma a analisar os proveitos/prejuízos económicos e ambientais.

No mercado nacional, apesar dos nove tipos de óleo usado recolhidos (segundo a caraterização LER), apenas três têm expressão em termos quantitativos: os óleos com os códigos 13 02 08 (*), 13 03 07 (*) e 13 03 09 (*) (indicando o símbolo (*)) que se trata de um resíduo perigoso).

No entanto esta caraterização não é totalmente fidedigna, uma vez que a grande maioria dos produtores no momento da recolha do OLU produzido acaba por identificar esse resíduo com o código mais abrangente. Por este facto, a aplicação dos códigos LER à produção nacional de óleos lubrificantes usados corresponde, em termos práticos a informação de fiabilidade questionável.

Tal contrariedade levou à procura de outro método de caraterização da produção nacional, designadamente através da extrapolação de dados obtidos noutro país.

Utilizando uma abordagem mais abrangente e devidamente justificada, a Agência Francesa do Ambiente e Energia, ADEME, chegou a estimativas de valor para o consumo de óleos lubrificantes novos e para a produção de óleos lubrificantes usados.

Sabendo que a produção de OLU é semelhante, para a grande maioria dos países europeus (Giovanna *et al.*, 2003), em termos de tipo de produção (à semelhança do que acontece para os RSU, variando a quantidade produzida de país para país) e considerando a ausência de dados representativos do mercado nacional recorreu-se aos dados obtidos pela ADEME, por forma a melhor conseguir caraterizar a geração de OLU em Portugal.

Segundo a ADEME a quantidade total de óleos usados pode ser resumida em nove tipos diferentes de óleo lubrificante usado (Tabela 4.1).

Caraterizar os óleos usados em apenas nove categorias é importante, uma vez que permitirá depois conhecer quais os OLU recolhidos que poderão ser destinados a regeneração ou a reciclagem.

Tabela. 4.1 Produção de óleos usados em França para o ano de 2011 (ADEME, 2012)

Produção de Óleos Usados (toneladas)			
Óleos usados totais (315 696 t) [100 %]	Óleo usado negro (239 941 t) [76 %]	Óleo de motor usado (197 988 t) [62,7 %]	Óleo lubrificante de motor usado em motocicletas e veículos leves (116 665 t) [36,9 %]
			Óleo de motor usado em veículos pesados e camiões a <i>diesel</i> (76 865 t) [24,3 %]
			Óleo de motor usado em aviões e outros tipos de motor (4 458 t) [1,4 %]
		Outros tipos de óleo de motor usado (26 087 t) [8,3 %]	Óleo usado de veículos com transmissão automática (3 844 t) [1,2 %]
			Óleo usado de veículos com caixa de velocidades manual (22 243 t) [7,1 %]
		Óleo industrial usado (86 582 t) [27,4 %]	Óleo de indústrias (negro) (15 866 t) [5,0 %]
	Óleo de indústrias (claro) (70 716 t) [22,4 %]		
	Outros tipos de óleo de motor usado (5 039 t) [1,6 %]		Óleos usados em amortecedores (4 325 t) [1,4 %]
		Fluido de travões usado (804 t) [0,3 %]	
	Óleo usado claro (75 755 t) [24 %]		

Partindo dos valores estimados de produção de óleos usados foram depois calculadas as percentagens respetivas de cada um dos tipos de OLU, apresentados na Tabela 4.1 (entre parêntesis). Estas percentagens, multiplicadas pelo valor de óleos usados potencialmente gerados no mercado português permitiram estimar o valor total de cada um dos tipos de OLU potencialmente gerados para todo o mercado português, tomando como válidos os pressupostos anteriormente enunciados.

Deste modo obtêm-se a Tabela 4.2, onde são apresentados os valores de produção de OLU (em toneladas), com base nos valores percentuais registados pela agência ADEME para todo o território francês, no ano de 2011.

O valor de óleos usados potencialmente gerados é público, e foi estimado pela SOGILUB para o ano de 2011 em 36 964 toneladas (SOGILUB, 2012).

Este valor é bastante superior ao valor de óleos usados enviados para tratamento (28 036 t), no entanto tal variação não significa que 8 900 t de OLU não tenham sido recolhidas. Uma vez que o valor de óleo usado potencialmente gerado representa uma estimativa e o valor de óleo usado recolhido representa um valor bruto esta variação é relativamente espectral (ADEME, 2012).

Deste modo, e assumindo que o valor estimado de óleos usados potencialmente gerados é um valor próximo do que atualmente é produzido no mercado português, assumiu-se este valor como o total de óleos usados efetivamente produzidos e passíveis de serem recolhidos em todo o território de Portugal continental.

Tabela 4.2 Estimativas de produção de óleos usados em Portugal no ano de 2011
(adaptado de ADEME, 2012)

Produção de Óleos Usados (toneladas)			
Óleos usados totais (36 964 t)	Óleo usado negro (28 094,1 t)	Óleo de motor usado (23 181,9 t)	Óleo lubrificante de motor usado em carros e veículos leves (13 658,8 t)
			Óleo de motor usado em veículos e camiões a <i>diesel</i> (8 998,8 t)
			Óleo de motor usado em aviões e outros tipos de motor (520,8 t)
		Outros tipos de óleo de motor usado (3 054,5 t)	Óleo usado de veículos com transmissão automática (448,9 t)
			Óleo usado de veículos com caixa de velocidades manual (2 603,2 t)
		Óleo industrial usado (10 137,7 t)	Óleo de indústrias (negro) (1 856,5 t)
	Óleo de indústrias (claro) (8 278,8 t)		
	Outros tipos de óleo de motor usado (590,0 t)		Óleos usados em amortecedores (505,2 t)
		Fluido de travões usado (92,9 t)	
	Óleo usado claro (8 869,9 t)		

Estes óleos têm diversas proveniências, dependendo do tipo de uso que é dado por cada utilizador. Dependendo da qualidade de cada tipo de óleo usado resultará um destino final particular: regeneração ou reciclagem.

Atualmente para um óleo seguir para reciclagem terá que possuir um conjunto de características (espacho Conjunto n.º 662/2005, de 6 de setembro). Estas características encontram-se indicadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Especificações técnicas para os óleos usados que se destinem a reciclagem
(Despacho Conjunto n.º 662/2005, de 6 de setembro)

Caraterísticas	Unidade	Valor mínimo	Valor máximo
Densidade a 15°C	-	0,855	0,925
Ponto de Inflamação	°C	65	-
Conteúdo em água	Porcentagem em peso	-	3
Conteúdo em sedimentos	Porcentagem em peso	-	0,75
Resíduo carbonoso	Porcentagem em peso	-	2
Cloro total	ppm	-	2 000
PCB/PCT	ppm	-	50
Enxofre total	Porcentagem em peso	-	1
Chumbo	ppm	-	750
Níquel	ppm	-	15
Crómio	ppm	-	5
Cobre	ppm	-	200
Vanádio	ppm	-	5
Cádmio	ppm	-	1

Quanto às especificações técnicas para os óleos usados que se destinem a regeneração, a lista é um pouco mais restrita, de acordo com o apresentado na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Especificações técnicas para os óleos usados passíveis de serem regenerados
(Despacho Conjunto n.º 662/2005, de 6 de setembro)

Caraterísticas	Unidade	Valor mínimo	Valor Máximo
PCB	ppm	-	50
Água	Porcentagem em Peso	-	10
Sedimentos	Porcentagem em Peso	-	3
Coagulação	-	Não realizar coagulação	
Cloro Total	ppm	-	2 000
Ponto de Inflamação	°C	180	-

No entanto, a estas especificações técnicas está primeiramente associado um teste: o cálculo do índice de saponificação (SOGILUB, 2012).

Com o conhecimento deste índice é imediatamente avaliada a qualidade do óleo usado que é recolhido. Deste modo, define-se se este é um óleo usado “gordo” ou um óleo usado “não-gordo”.

Caso o OLU saponifique, este estará apto a seguir para reciclagem. Se não ocorrer saponificação, então o OLU recolhido estará apto a seguir imediatamente para regeneração.

O conhecimento desta informação, mediante o cumprimento das especificações técnicas exigidas permitirá, de imediato, remeter o óleo para o destino final adequado, poupando-se *a priori* ambientalmente e economicamente em pré-tratamento que o óleo usado necessitará.

Relativamente às especificações técnicas, estas seriam cumpridas caso a separação seletiva fosse corretamente efetuada, uma vez que permitiria aos produtores de óleo usado realizar uma separação mais cuidada, evitando contaminação do óleo usado produzido.

Contudo, para a correta aplicação da recolha seletiva interessa saber quais os tipos de OLU que podem ser recolhidos seletivamente, permitindo assim uma possível poupança ambiental e económica, com a não realização da fase de pré-tratamento.

Dados declarados pela Associação de Refinarias do Canadá (ARC), e citados no documento “Orientações Técnicas sobre óleo usado regenerado ou outras técnicas de tratamento para óleo usado” (Convenção de Basileia, 1995) referem tipos de óleo usado que foram imediatamente regenerados e reciclados (ou seja, óleos usados que não passaram por fase inicial de tratamento, antes de serem remetidos para o respetivo destino).

Esta lista é apresentada na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 Tipos de óleo usado regeneráveis e recicláveis pela Associação de Refinarias do Canadá (Convenção de Basileia, 1995)

Óleos Regeneráveis	Óleos Não-Regeneráveis (Recicláveis)
Óleos de viscosidade alta (HVI, superiores a 90)	Óleos contendo PCB (bifelinos policlorados) e HAP (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos)
Todos os óleos de motor para veículos a diesel e gasolina	Óleos do tipo LVI e MVI
Óleo de transmissões	Halogenetos (óleos contendo F, Cl, Br, I ou Al)
Óleos hidráulicos (não sintéticos)	Óleos sintéticos
Óleos de motor (não-gordos)	Fluidos de travões
Óleos de transformação (não-gordos)	Óleos gordos
Óleos de rolamentos de secadores	Óleos asfálticos
Óleos de compressores	Óleos negros
Óleos de turbinas	Óleo combustível (<i>fuel</i> óleo)
Óleos de máquinas (não-gordos)	Óleos metálicos contendo ácidos gordos
Óleos de moagem (não-gordos)	Óleos usados em rolamentos
Óleos de têmpera (não-gordos)	

Estes tipos de óleo usado encontram correspondência com os indicados nas tabelas 4.1 e 4.2 (onde foram estimadas as quantidades de óleo usado produzido em Portugal).

Fazendo a correspondência entre os tipos de óleos usado (passíveis de serem regenerados e reciclados, Tabela 4.5) e a produção de óleos usados em Portugal (Tabela 4.2), resulta a Tabela 4.6, na qual são apresentados os tipos de OLU produzidos no mercado nacional (“designação segundo ADEME”) e a correspondência de óleo usado tratado pela Associação de Refinarias do Canadá (“correspondência segundo ARC”).

**Tabela 4.6 Tipos de OLU produzidos e respetivos destinos de tratamento
(adaptado de Convenção de Basileia, 2005)**

Óleo com destino Regeneração		Óleo com destino Reciclagem	
Designação segundo ADEME	Correspondência segundo ARC	Designação segundo ADEME	Correspondência segundo ARC
Óleo lubrificante de motor usado em carros e veículos leves	Todos os óleos de motor usado em veículos a gasolina e <i>diesel</i>	Óleo de indústrias (negros)	Óleos negros
Óleo de motor usado em veículos e camiões a <i>diesel</i>		Óleo de indústrias (claros)	Óleos do tipo LVI e MVI
Óleo de motor usado em aviões e outros tipos de motor		Fluido de travões usado	Fluido de travões
Óleo usado de veículos com transmissão automática	Óleo de transmissões		
Óleo usado de veículos com caixa de velocidades manual			
Óleos usados em amortecedores	Óleos hidráulicos (não sintéticos)		

Esta correspondência é feita entre a designação atribuída pela ADEME (tipo de óleo usado produzido) e o destino associado a cada tipo de resíduo tratado (pela Associação de Refinarias do Canadá, única referência encontrada na revisão de literatura efetuada, que refere explicitamente os tipos de óleo destinados a cada destino). Esta referência foi escolhida, em detrimento do BREF (2003), (documento de referência produzido pela Comissão Europeia, (C.E., 2003b), onde estão descritas as melhores técnicas disponíveis para refinarias de petróleo e gás) pois neste documento não são especificados os destinos dados a cada tipo de OLU produzido. Deste modo, seguiu-se a correspondência adotada pela Associação de Refinarias do Canadá.

Com os dados da Tabela 4.6 é possível concluir quais as quantidades de OLU que poderão vir a ser recolhidas e posteriormente reencaminhadas para cada destino de tratamento. Quantificando as quantidades de OLU produzidos (com base no facto dos destinos finais serem regeneração e reciclagem) surgem os valores apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 Quantidade de OLU passíveis de serem reencaminhados para regeneração e reciclagem em Portugal, ano de 2011

Regeneração (t)	Reciclagem (t)
26 735,7	10 228,2
≈ 36 964	

Os valores apresentados na Tabela 4.7 representam os valores máximos de OLU produzidos e que poderão vir a ser recolhidos seletivamente.

No entanto, e tal como vem referido no relatório de atividades da SOGILUB, o valor total de óleo usado potencialmente gerado não corresponde ao valor total de óleo usado que é enviado para tratamento (passando de 36 964 t para 28 036 t, uma redução de 8 928 t) (SOGILUB, 2012).

Por este facto aos valores de OLU reencaminhados para regeneração e reciclagem será feita uma redução proporcional de 24%, respeitando assim a redução verificada para o SIGOU, no ano de 2011. Deste modo os valores a considerar passarão a ser apresentados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 Quantidade de OLU efetivamente enviado para tratamento em Portugal no ano de 2011 (e passível de ser regenerado e reciclado)

Regeneração (t)	Reciclagem (t)
20 278,2 [72%]	7 757,8 [28%]
≈ 28 036	

Estes serão os valores de OLU considerados para a análise económica e ambiental, quando aplicada a recolha seletiva, ou seja, 72% de OLU destinado a regeneração e 28% de OLU destinado a reciclagem.

Nas secções seguintes será realizada uma análise económica e ambiental da aplicação da recolha seletiva a este tipo de resíduos Tanto a análise ambiental como a análise económica são precedidas de uma análise técnica, decorrente da possível implementação da recolha seletiva.

4.1.2. ANÁLISE TÉCNICA

Atualmente, cada produtor possui um, ou mais, recipientes, onde armazena os óleos usados que produz. Estes recipientes, que poderão estar localizados no interior ou no exterior do espaço físico onde o produtor opera, podem ter capacidades variáveis: 300 litros, 600 litros ou 1 200 litros (no caso de armazenamento em bidon, barrica ou contentor), ou até 2 000 litros (no caso do reservatório ser subterrâneo). Cada uma destas soluções encontra-se representada, respetivamente, nas figuras 4.1 e 4.2.

Quanto à escolha de cada alternativa, de acordo com os valores de produção e dimensão das instalações de cada produtor, são estes que escolhem a melhor solução de armazenamento dos óleos usados gerados. Quando os recipientes se aproximam da sua capacidade máxima de armazenamento, os produtores contactam a operadora responsável pela recolha na zona, para que esta venha recolher os óleos usados armazenados. Essa operadora procede à recolha destes óleos, armazena-os e envia-os para as respetivas estações de tratamento.



Figura 4.1 Bidons de armazenamento de óleo usado (fonte: Autor)



Figura 4.2 Reservatório subterrâneo de óleo usado (fonte: Autor)

Tal como já acontece para o caso da recolha seletiva de RSU, a recolha seletiva de OLU poderá realizar-se na fonte com a colocação de um ou mais contentores extra, permitindo assim, a montante do processo, a não contaminação da produção de OLU.

Com a colocação de um, ou mais, contentores extra, o produtor passaria a ter recipientes para colocação dos vários tipos de OLU que produz. Apesar de alguns tipos de OLU não serem produzidos em grandes quantidades, a sua separação evitaria desde logo a não-contaminação do OLU que é produzido em maior quantidade.

Conclui-se então que, em termos técnicos, é exequível a recolha seletiva, já que os produtores terão apenas de considerar o espaço necessário à colocação de um ou mais contentores extra.

Deste modo, e de acordo com o tipo de produção, os produtores teriam desde logo a responsabilidade de evitar a contaminação da sua produção, utilizando para isso o novo contentor. Estes contentores, terão as dimensões que o produtor de óleos usados considerar necessária, com base na produção registada em anos anteriores, e na possível produção futura.

4.1.3. ANÁLISE ECONÓMICA

Por forma a melhor perceber os indicadores económicos relacionados com a recolha e tratamento de OLU, foi consultado o relatório de atividades da SOGILUB para o ano de 2011.

Neste relatório são referidas como receitas tanto a faturação líquida do ecovalor como a receita proveniente da valorização de óleos usados. São estes valores que asseguram o bom funcionamento do SIGOU (Tabela 4.9).

Tabela 4.9 Receitas registadas pela SOGILUB para o ano de 2011 (SOGILUB, 2012)

Atividade	Valor monetário (€)
Faturação líquida do Ecovalor ^[1]	4 666 237
Valorização de óleos usados	2 225 539
Total	6 891 776

[1] Expurgado do montante do reembolso do Ecovalor, aplicado para vendas comprovadas de óleos e equipamentos novos a empresas localizadas fora do território português (SOGILUB, 2012).

No entanto o funcionamento do SIGOU implica custos diretos e de estrutura, que em 2011 atingiram os valores apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 Custos comportados pela SOGILUB para o ano de 2011 (SOGILUB, 2012)

Atividade	Custo (€)
Estrutura	
Investigação e Desenvolvimento	208 082
Comunicação e Sensibilização	177 278
Gastos Gerais	238 094
Pessoal	183 668
Outros	59 308
Diretos	
Tratamento	2 197 951
Recolha, transporte e armazenagem de óleos usados	3 485 547
Transporte de óleos tratados	166 308
ISP	76 125
Outros	2 679
Total	6 525 815

As tabelas 4.9 e 4.10 incluem todos os custos e receitas provenientes do funcionamento do SIGOU. No entanto, no âmbito do presente estudo determinadas atividades não sofrem alteração com a aplicação da recolha seletiva a óleos usados.

Deste modo foram selecionados os seguintes indicadores económicos, os quais estão, ou serão, diretamente afetados pela aplicação da recolha seletiva:

- 1) Valorização de óleos usados;
- 2) Custo com tratamento de óleo usado.

Excluindo ações de comunicação e sensibilização, que poderão registar um aumento de custos, devido à aplicação de uma diferente separação de OLU, a nível estrutural os custos que a SOGILUB tem atualmente serão os mesmos, ou aproximadamente os mesmos.

Já os custos diretos poderão sofrer alterações, principalmente ao nível do “tratamento” de OLU, que com a aplicação da recolha seletiva poderão reduzir-se consideravelmente. Relativamente aos valores gastos nas fases de “recolha, transporte e armazenagem de óleos usados” e de “transporte de óleos usados” estes poderão manter-se, já que a aplicação da recolha seletiva não significa que passarão a ser recolhidas maiores quantidades de OLU, mas sim OLU de melhor qualidade. No entanto, esta componente teria que ser analisada individualmente e tal não irá ser estudado na presente dissertação.

Assim, resultam apenas como indicadores decisivos à aplicação da recolha seletiva o custo relacionado com o tratamento de óleos usados e também as receitas com a valorização de óleos usados.

Custos relacionados com tratamento de óleo usado

Iniciando a análise a montante do SIGOU, esta começará com os custos relacionados com o tratamento de óleo usado.

Como para a situação de referência os valores estudados se encontram calculados (no relatório de atividades da SOGILUB), então conclui-se que para um nível de adesão de 0% (não aplicação da recolha seletiva) o custo com o tratamento de OLU é de 2 197 951 €.

Receitas com valorização de óleo usado

Considerando os valores obtidos pela SOGILUB para o ano de 2011, das 28 036 t de óleo usado enviados para tratamento, 9 923 t de óleo usado foi regenerado, sendo que 14 821 t de óleo usado foi reciclado (SOGILUB, 2012).

Das 3 292 t de óleo usado não tratado, grande parte foi perdida por via de tratamentos físico-químicos (água, 2 485 t), sendo os restantes eliminados sob a forma de sedimentos (377 t) ou depositados em aterro (131 t) (SOGILUB, 2012).

Como para o ano de 2011 ainda não se aplicou a recolha seletiva, não é possível afirmar que percentagem de OLU recolhido poderia ter seguido para o destino regeneração ou destino reciclagem (valores calculados nas tabelas 4.7 e 4.8). Deste modo, os valores considerados foram os efetivamente registados pela SOGILUB para o ano de 2011 (24 744 t) (SOGILUB, 2012).

Apesar de no relatório de atividades existir um valor de “valorização” de óleos usados, este não especifica o valor de venda de OLU regenerado ou reciclado. Contactando um responsável da SOGILUB (por intermédio de Pires, 2013) foi possível obter uma relação entre o preço de venda de óleo regenerado e o preço de venda do óleo reciclado (que, no ano de 2011, foi 1,06 vezes superior ao preço de venda de óleo reciclado, comparando valores médios de venda obtidos pela SOGILUB no ano de 2011 para cada tipo de OLU tratado). Assumindo esta relação, e considerando as quantidades de OLU remetidos para regeneração e reciclagem (respetivamente 9 923 t e 14 821 t) estabeleceu-se o seguinte sistema de equações:

$$\begin{cases} x_1 \times 9\,923 + x_2 \times 14\,821 = 2\,225\,539 \\ x_1 \times 1,06 = x_2 \end{cases} \quad (4.1)$$

Em que x_1 representa o valor de venda de óleo usado regenerado (€/t) e x_2 o valor de venda de óleo usado reciclado (€/t). Resolvendo o sistema de equações obtêm-se os seguintes valores:

$$\begin{cases} x_1 = 94,7 \\ x_2 = 89,3 \end{cases}$$

Estes valores correspondem a valores aproximados de venda de óleo usado regenerado e reciclado, tendo por base a receita anual obtida pela SOGILUB em 2011 com a venda de OLU tratado (2 225 539 €), a relação média estimada pela SOGILUB de que em média o preço de venda do óleo regenerado é 1,06 vezes superior ao da reciclagem (Pires, 2013, a partir de fonte da SOGILUB) e também as quantidades respetivas de OLU remetido para regeneração (9 923 t) e reciclagem (14 821 t). Estes preços de venda encontram-se descritos na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 Preço de venda de óleo enviado para regeneração e reciclagem (SOGILUB, 2012)

Tipo de destino	Valor de venda (€/t)
Regeneração	94,7
Reciclagem	89,3

Nota: Apesar de o valor de venda de OLU tratado não ser um valor fixo, para os cálculos seguintes assumiram-se estes valores como invariáveis.

Multiplicando agora os valores apresentados na Tabela 4.11 pelas respectivas quantidades de óleo usado remetidas para regeneração e reciclagem, resultam os seguintes valores de venda de óleo valorizado:

$$\text{Óleo enviado para regeneração} = 94,7 \times 9\,923 = 939\,708,1 \text{ €}$$

$$\text{Óleo enviado para reciclagem} = 89,3 \times 14\,821 = 1\,323\,515,3 \text{ €}$$

Deste modo resulta uma receita total, com venda de óleo, de 2 263 223 € (o valor obtido pela SOGILUB para o ano de 2011) (SOGILUB, 2012).

4.1.4. ANÁLISE AMBIENTAL

Para a análise ambiental do problema foram considerados como fatores importantes os *inputs* e *outputs* obtidos na fase de pré-tratamento de OLU.

Esta fase de pré-tratamento corresponde em termos práticos à fase que é referida como de tratamento, pelo relatório de atividades da SOGILUB (Martinho e Pires, 2012).

Presente no relatório de atividades encontra-se o valor de 2 197 951 €, correspondente ao custo relativo à fase de tratamento de 28 036 t de óleo usado. No entanto, no SIGOU, não é praticado apenas um tratamento, considerando-se pelo menos três tipos diferentes de tratamento de OLU, caracterizando-se cada um por *inputs* e *outputs* específicos (Martinho e Pires, 2012).

Estes *inputs* e *outputs* apresentam-se na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 Inputs e Outputs resultantes das três fases de tratamento de OLU
(Martinho e Pires, 2012)

Para 1 000 kg OLU	Input	Output	Quantidade	Unidade
Tratamento 1	Energia Elétrica		11,8	MWh
	<i>Diesel</i>		14,2	kg
		OLU tratado	894,0	kg
		Sedimentos	2,6	kg
		Água residual	103,4	kg
Tratamento 2	Ácido Sulfúrico		10	kg
	Energia Elétrica		14,9	MWh
	Gás líquido		5,8	kg
		OLU tratado	897,9	kg
		Sedimentos	76,0	kg
		Água residual	36,0	kg
Tratamento 3	Energia Elétrica		15,1	MWh
	Óleo <i>fuel light</i>		4,7	kg
		OLU tratado	882,0	kg
		Sedimentos	2,6	kg
		Água residual	103,4	kg

Calculando um balanço dos *inputs* e *outputs* resultantes de cada tratamento resulta um valor médio de *inputs* e *outputs* associados à fase de tratamento de OLU. Estes valores encontram-se representados na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 Balanço dos *Inputs* e *Outputs* resultantes das três fases de tratamento de OLU
(adaptado de Martinho e Pires, 2012)

Para 1 000 kg OLU	Input	Output	Quantidade	Unidade
Tratamento OLU	Energia Elétrica		13,93	MWh
	<i>Diesel</i>		4,73	kg
	Ácido Sulfúrico		3,33	kg
	Gás Líquido		1,93	kg
	Óleo <i>fuel light</i>		1,57	kg
		OLU tratado	891,3	kg
		Sedimentos	27,1	kg
		Água residual	80,93	kg

Estes *inputs* e *outputs* são referentes a uma quantidade de OLU de 1 kg. Considerando os valores de OLU enviados para tratamento no ano de 2011, 28 036 t, resultam os valores apresentados na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 *Inputs* e *Outputs* resultantes da fase de tratamento para situação de referência
(adaptado de Martinho e Pires, 2012)

Para 28 036 t OLU	Input	Output	Quantidade	Unidade
Tratamento OLU	Energia Elétrica		3,91E+05	MWh
	<i>Diesel</i>		132,7	t
	Ácido Sulfúrico		93,5	t
	Gás Líquido		54,2	t
	Óleo <i>fuel light</i>		43,9	t
		OLU tratado	24 988,5	t
		Sedimentos	758,8	t
		Água residual	2 269,0	t

Relativamente aos valores apresentados na Tabela 4.14, estes correspondem aos indicadores de desempenho ambiental, num cenário em que a recolha seletiva não é aplicada. Estes valores, referentes ao cenário de referência, serão posteriormente comparados com cenários em que a recolha seletiva é implementada. Os indicadores de desempenho ambiental anual serão então:

1. Consumo de energia elétrica/ano evitado;
2. Consumo de derivados de petróleo/ano evitado;
3. Utilização de substâncias perigosas/ano evitadas;
4. Quantidade de sedimentos gerados/ano evitados;
5. Quantidade de água residual gerada/ano evitada.

Estes indicadores de desempenho ambiental foram definidos de acordo com a Recomendação da Comissão Europeia 2003/532/CE (C.E., 2003a).

Foram calculados em função da quantidade de óleos usados que poderão vir a ser enviados para tratamento durante um ano. Considera-se que estes indicadores ambientais serão suficientes, no âmbito do estudo da implementação da recolha seletiva de OLU, não tendo por esse facto sido considerados os impactes diretos do consumo de gás líquido durante a fase de tratamento, no ambiente. Uma vez que tanto o *diesel* como o óleo *fuel light* são produtos derivados do consumo de petróleo, a sua análise será incluída no mesmo indicador “consumo de derivados de petróleo/tonelada de OLU evitado”.

Em síntese, os valores a considerar para a situação de referência são os apresentados na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 Indicadores de desempenho ambiental anuais (situação de referência)

Indicadores de desempenho	Unidades	Valores para Situação de Referência
Consumo de energia elétrica	MWh	3,91E+05
Consumo de derivados de petróleo	t	176,6 [1]
Utilização de substâncias perigosas	t	93,5 [2]
Quantidade de sedimentos	t	758,8
Quantidade de água residual	t	2 269,0

[1] Soma do consumo de “*diesel*” e “*óleo fuel light*”, por serem ambos produtos derivados do petróleo

[2] Apenas considerado o valor do ácido sulfúrico, uma vez que o gás líquido pode não ser considerado material perigoso.

É importante referir que estes serão os valores padrão de comparação com os cenários definidos.

4.2. ANÁLISE DE CENÁRIOS

4.2.1. DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS ESTUDADOS

Tanto a análise económica como a análise ambiental foram baseadas em dados obtidos pela SOGILUB para o ano de 2011.

Estes dados foram complementados com outras referências, por forma a melhor caracterizar a situação de referência.

Os valores obtidos compreendem a caracterização da situação de referência, isto é, a não aplicação da recolha seletiva a OLU.

Procurando estudar a possibilidade de implementação de recolha seletiva a OLU, foram estudados cinco cenários alternativos:

- Cenário 0: Não aplicação de recolha seletiva;
- Cenário 1: Aplicação de recolha seletiva, com fraca adesão dos produtores;
- Cenário 2: Aplicação de recolha seletiva, com média adesão dos produtores;
- Cenário 3: Aplicação de recolha seletiva, com grande adesão dos produtores;
- Cenário 4: Aplicação de recolha seletiva, com muito grande adesão dos produtores.

O cenário 0 refere-se a uma percentagem de adesão à recolha seletiva de 0%, isto é, não é aplicada a recolha seletiva (este cenário representa a situação de referência).

Para o cenário 1, é aplicada uma percentagem de recolha seletiva de 10% do total da produção de OLU.

Para o cenário 2 o valor de OLU recolhido seletivamente passa a ser de 35%. Para o cenário 3, um valor de grande adesão corresponde a um valor recolhido de 55% do total produzido.

Por último, o valor de muito grande adesão dos produtores corresponde a um valor recolhido seletivamente de 70% do total produzido.

Relativamente à recolha seletiva, e tal como foi referido neste Capítulo, são assumidos os seguintes pressupostos:

1. O OLU que é recolhido será destinado exclusivamente a regeneração ou reciclagem, nas percentagens de 72% e 28% respetivamente;
2. Quando o OLU é recolhido seletivamente não existe contaminação *a priori*, permitindo assim que este siga de imediato para o destino regeneração ou reciclagem não se perdendo qualquer quantidade (não passando, por este facto, pela fase de tratamento);
3. Quando o OLU é recolhido indiscriminadamente este passará necessariamente pela fase de tratamento;
4. Assume-se que o OLU recolhido seletivamente (e o OLU recolhido indiscriminadamente, depois de tratado) por evitar contaminações de outros óleos, cumpre sempre com os requisitos presentes no Despacho Conjunto n.º 662/2005, de 6 de setembro, relativo às especificações técnicas para óleos que se destinem a reciclagem ou regeneração.

4.2.2. CÁLCULO DOS INDICADORES ECONÓMICOS E AMBIENTAIS ANALISADOS

À semelhança do cenário 0, também para os cenários 1, 2, 3 e 4 foram calculados cinco indicadores ambientais (consumo de energia elétrica/ano; consumo de derivados de petróleo/ano; utilização de substâncias perigosas/ano; quantidade de sedimentos/ano e quantidade de água residual/ano) e dois indicadores económicos (venda de óleo tratado/ano e custos de tratamento de óleo usado/ano), por forma a melhor caracterizar cada um dos cenários. Entre estes cenários existe uma diferença muito importante: o nível de adesão à recolha seletiva. Seguidamente serão apresentados os cálculos a realizar, no caso da aplicação da recolha seletiva a OLU (uma adesão de 0% à recolha seletiva encontra-se descrita no início deste Capítulo).

Caraterização económico-ambiental

Inicialmente é calculada a percentagem de OLU que é recolhida seletivamente. De acordo com o nível de adesão dos produtores à separação seletiva, a quantidade total recolhida poderá ser de 10% (cenário 1), 35% (cenário 2), 55% (cenário 3) e 70% (cenário 4), sendo que a restante percentagem de óleo usado é recolhida indiscriminadamente.

O facto do óleo usado ser recolhido seletivamente ou indiscriminadamente resulta na primeira grande diferença entre cenários, já que o óleo usado que é recolhido seletivamente é conduzido diretamente para regeneração ou reciclagem (dispensando a fase de tratamento), sendo que o óleo usado que é recolhido indiscriminadamente tem ainda que passar pela fase de tratamento (como atualmente acontece).

Deste modo, e de acordo com o nível de adesão, resulta a quantidade de óleo usado que seguirá diretamente para os destinos finais (regeneração e reciclagem):

$$\text{Óleo recolhido seletivamente (x \%)} = 28\,036 \times \frac{x}{100} = Y(t) \quad (4.2)$$

Em que x representa a percentagem de adesão à separação seletiva e Y o valor total que é recolhido seletivamente. Importa, contudo, saber as quantidades de óleo usado que, não necessitando de passar por uma fase de tratamento, poderão seguir diretamente para regeneração e/ou reciclagem.

Conforme foi quantificado 72% do OLU atualmente no mercado é passível de ser regenerado, sendo que os restantes 28% são passíveis de serem reciclados (pressuposto 2). Aplicando tais percentagens é possível obter as quantidades de OLU que, sendo recolhido seletivamente, poderá seguir respetivamente para regeneração e para reciclagem:

$$OLU \text{ recolhido seletivamente e passível de ser regenerado} = Y \times \frac{72}{100} = Z1(t) \quad (4.3)$$

$$OLU \text{ recolhido seletivamente e passível de ser reciclado} = Y \times \frac{28}{100} = Z2(t) \quad (4.4)$$

Onde Y é a quantidade de OLU recolhida seletivamente e $Z1$ e $Z2$ são, respetivamente, as quantidades de OLU recolhido seletivamente e passível de regenerado e reciclado.

Falta, no entanto, saber as quantidades de OLU recolhido indiscriminadamente que, apesar de passagem pela fase de tratamento, poderão ainda estar destinadas a regeneração e a reciclagem. Para isso é necessário saber a quantidade de OLU que é recolhida seletivamente e a quantidade de OLU que resulta do processo de tratamento (já com a remoção de água e sedimentos).

Retirando o valor de OLU que foi recolhido seletivamente ao valor total de OLU produzido obtém-se a quantidade de OLU recolhido indiscriminadamente:

$$\text{Óleo a ser tratado} = 28\,036 - Y = A(t) \quad (4.5)$$

Onde Y é a quantidade de OLU recolhido seletivamente e A a quantidade de OLU recolhido indiscriminadamente.

Como na fase de tratamento a quantidade de óleo usado, em peso, à entrada do processo é sempre inferior à quantidade de óleo usado à saída do processo (pela remoção de água e sedimentos na constituição dos óleos usados) é necessário saber exatamente qual a quantidade de óleo usado, depois de este passar por este processo.

Consultando a Tabela 4.13 observa-se que por cada 1 000 kg, 891,3 kg são tratados, ou seja, por cada 1 t de óleos usado 0,891 t de óleos usados são tratados. Este valor, 0,891 t, é uma média da quantidade de OLU tratado, segundo os três tratamentos praticados no SIGOU (Martinho e Pires, 2012).

Utilizando este valor, 0,891 t, resulta a quantidade de OLU resultante do processo de tratamento e apta para ser regenerada e reciclada:

$$OLU \text{ resultante do processo de tratamento} = A \times 0,8913 = B(t) \quad (4.6)$$

Em que A representa a quantidade de OLU recolhida indiscriminadamente e B a quantidade de OLU resultante do processo de tratamento.

A este valor de OLU resultante do processo de tratamento são ainda multiplicadas as percentagens de OLU destinadas a regeneração e a reciclagem (expressões 4.7 e 4.8).

$$OLU \text{ rec. indiscriminadamente e passível de ser regenerado} = B \times \frac{72}{100} = S1(t) \quad (4.7)$$

$$OLU \text{ rec. indiscriminadamente e passível de ser regenerado} = B \times \frac{28}{100} = S2(t) \quad (4.8)$$

Onde B é a quantidade de OLU tratado (proveniente de uma recolha indiscriminada) e $S1$ e $S2$ respetivamente as quantidades de OLU recolhido indiscriminadamente e passível de ser regenerado e reciclado. Estes valores permitem obter as quantidades de OLU recolhido seletivamente e indiscriminadamente (Tabela 4.16), que serão posteriormente usados para calcular as receitas provenientes da venda de OLU regenerado e reciclado.

Tabela 4.16 Quantidades de OLU recolhido seletivamente e indiscriminadamente

OLU recolhido seletivamente		OLU recolhido indiscriminadamente	
Possivelmente regenerado	Possivelmente reciclado	Possivelmente regenerado	Possivelmente reciclado
Z1	Z2	S1	S2
Z1 + Z2		S1 + S2	

Estes valores estão diretamente relacionados com a percentagem de adesão à separação seletiva, sendo portanto diferentes de cenário para cenário.

Análise Económica

Economicamente serão calculados os custos relacionados com o tratamento de óleo usado e também as receitas com a valorização de óleo usado.

Custos relacionados com tratamento de óleo usado

Para os cenários 1 a 4 a SOGILUB tem a possibilidade de reduzir os custos com a fase de tratamento. Por esse facto torna-se essencial quantificar o custo de tratar 1t de óleo usado. No relatório de atividades da SOGILUB de 2012 (SOGILUB, 2012), encontra-se o valor de 2 197 951 €, relativos ao tratamento de 28 036 toneladas de OLU recolhido. Dividindo este custo total, de tratar OLU, pela quantidade de OLU tratado resulta um custo/tonelada de:

$$Custo \frac{tratamento}{tonelada} = \frac{2\,197\,951}{28\,036} = 78,4 \text{ (€/t)} \quad (4.9)$$

Este será, portanto, o custo de tratar uma tonelada de OLU.

Multiplicando este valor pela quantidade total de OLU remetido para tratamento ($S1 + S2$) resultam os seguintes custos de tratamento:

$$Custo \text{ tratamento OLU} = 78,4 \times (S1 + S2) = C1 \text{ (€)} \quad (4.10)$$

Sendo ($S1 + S2$) a quantidade de OLU remetida para tratamento e $C1$ custo total de tratar ($S1 + S2$) t de OLU. O valor $C1$ representa o custo que a SOGILUB terá com o tratamento de OLU.

Receitas com valorização de óleo usado

Para se obter o valor das receitas com a valorização do OLU é necessário somar separadamente as quantidades de OLU remetidos para regeneração e as quantidades de OLU remetidos para reciclagem (pois estes destinos possuem valores de venda diferentes).

Da Tabela 4.16 resultam os valores totais de OLU remetidos para regeneração e reciclagem, respetivamente ($Z1 + S1$) t e ($Z2 + S2$) t.

Multiplicando estes valores totais pelos valores de venda de OLU inerente a cada destino resultam os valores da receita com valorização:

$$\text{Receita com OLU a ser regenerado} = (Z1 + S1) \times 94,7 = R1 (\text{€}) \quad (4.11)$$

$$\text{Receita com OLU a ser reciclado} = (Z2 + S2) \times 89,3 = R2 (\text{€}) \quad (4.12)$$

Onde $R1$ e $R2$ representam respetivamente as receitas com a venda de OLU regenerado e reciclado. Os valores de venda (respetivamente 94,7 € para regeneração e 89,3 € para reciclagem) foram estimados com base na receita declarada pela SOGILUB de venda de OLU tratado no ano de 2011 e no pressuposto que o valor de venda de óleo regenerado é 1,06 vezes superior ao valor de venda de óleo reciclado (Pires, 2013, a partir de fonte da SOGILUB).

A soma dos valores obtidos na aplicação das expressões 4.11 e 4.12 permite obter o valor total de receita proveniente da venda de OLU regenerado e reciclado.

$$\text{Receita com valorização de OLU} = (R1 + R2) = RT (\text{€}) \quad (4.13)$$

Em que RT representa a receita total proveniente da valorização de óleos usados.

Análise Ambiental

Ambientalmente serão quantificados cinco indicadores:

1. Consumo de energia elétrica/ano;
2. Consumo de derivados de petróleo/ano;
3. Utilização de substâncias perigosas/ano;
4. Quantidade de sedimentos gerados/ano;
5. Quantidades de água residual gerada/ano.

Estes valores serão calculados com base nos valores médios de *inputs* e *outputs* resultantes das três fases de tratamento de OLU praticados no SIGOU (apresentados na Tabela 4.13).

Como estes valores se referem aos *inputs* necessários para tratar A t de OLU recolhido indiscriminadamente e aos *outputs* resultantes do tratamento de A t de OLU recolhido indiscriminadamente, então multiplicando este valor pelos fatores apresentados na Tabela 4.13 resultam os valores dos cinco indicadores para x % de adesão à recolha seletiva. Tratando-se de valores anuais obtêm-se os valores de consumo de energia elétrica/ano, consumo de derivados de petróleo/ano, utilização de substâncias perigosas/ano, quantidade de sedimentos gerados/ano e quantidade de água residual gerada/ano (expressões 4.14 a 4.18):

$$\text{Consumo de energia elétrica/ano} = A \times 13,93 \text{ (MWh)} \quad (4.14)$$

$$\text{Consumo de derivados de petróleo/ano} = A \times 0,0047 \text{ (t)} \quad (4.15)$$

$$\text{Utilização de substâncias perigosas/ano} = A \times 0,0019 \text{ (t)} \quad (4.16)$$

$$\text{Quantidade de sedimentos gerados/ano} = A \times 0,0271 \text{ (t)} \quad (4.17)$$

$$\text{Quantidade de água residual gerada/ano} = A \times 0,0809 \text{ (t)} \quad (4.18)$$

4.3. RESULTADOS OBTIDOS PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS

4.3.1. CENÁRIO 0 – SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

O cenário 0 caracteriza uma situação de recolha conjunta dos diferentes tipos de OLU sendo que os valores obtidos para este cenário servirão de comparação aos valores obtidos para os cenários 1, 2, 3 e 4 (Tabela 4.17). Este cenário 0, situação de referência, foi descrito no início deste Capítulo.

Tabela 4.17 Valores económico-ambientais do cenário 0

Análise Ambiental			Análise Económica		
Indicadores de desempenho	Unidades	Valores	Indicadores de desempenho	Unidades	Valores
Consumo de energia elétrica	MWh	3,91E+05	Venda de óleo tratado	€	2 263 223
Consumo de derivados de petróleo	t	176,6	Tratamento de óleo usado	€	- 2 197 951
Utilização de substâncias perigosas	t	93,5			
Quantidade de sedimentos	t	758,8			
Quantidade de água residual	t	2 269,0			

4.3.2. CENÁRIO 1 – APLICAÇÃO DA RECOLHA SELETIVA COM FRACA ADESÃO DOS PRODUTORES

Para o cenário 1, aplicação da recolha seletiva com fraca adesão dos produtores, a percentagem de OLU recolhido seletivamente é de 10%. Calculando os indicadores económicos e ambientais com base na aplicação deste valor percentual obtêm-se os valores presentes na Tabela 4.18.

Tabela 4.18 Valores económico-ambientais do cenário 1

Análise Ambiental			Análise Económica		
Indicadores de desempenho	Unidade	Valores	Indicadores de desempenho	Unidade	Valores
Consumo de energia elétrica	MWh	3,52E+05	Venda de óleo tratado	€	2 357 023
Consumo de derivados de petróleo	t	158,9	Tratamento de óleo usado	€	- 1 763 185
Utilização de substâncias perigosas	t	84,1			
Quantidade de sedimentos	t	683,0			
Quantidade de água residual	t	2 042,1			

Este cenário compreende apenas 10% da produção total a ser recolhida seletivamente. No entanto, já é possível verificar reduções consideráveis em alguns indicadores, como a quantidade de água residual consumida/ano (226,9 t) ou a quantidade de sedimentos/ano evitados (75,8 t), quando comparados com os valores obtidos para a situação de referência.

4.3.3. CENÁRIO 2 – APLICAÇÃO DA RECOLHA SELETIVA COM MÉDIA ADESÃO DOS PRODUTORES

O cenário 2 compreende a aplicação da recolha seletiva com média adesão dos produtores. Neste cenário, o valor de percentagem de OLU recolhidos seletivamente é de 35%.

Para este valor de adesão, os indicadores económicos e ambientais são os apresentados na Tabela 4.19.

Tabela 4.19 Valores económico-ambientais do cenário 2

Análise Ambiental			Análise Económica		
Indicadores de desempenho	Unidade	Valores	Indicadores de desempenho	Unidade	Valores
Consumo de energia elétrica	MWh	2,54E+05	Venda de óleo tratado	€	2 428 023
Consumo de derivados de petróleo	t	114,8	Tratamento de óleo usado	€	- 1 273 412
Utilização de substâncias perigosas	t	60,7			
Quantidade de sedimentos	t	493,2			
Quantidade de água residual	t	1 474,9			

Os valores obtidos para este cenário confirmam a tendência inicial (e os resultados esperados) de que, quanto maior a percentagem de adesão (e consequentemente quanto maior a quantidade de OLU recolhidos seletivamente) menores serão os custos ambientais (com acentuadas reduções de consumos de energia elétrica e petróleo) e maiores serão os proveitos económicos.

4.3.4. CENÁRIO 3 – APLICAÇÃO DA RECOLHA SELETIVA COM GRANDE ADESÃO DOS PRODUTORES

Para o cenário 3 são recolhidos seletivamente 55% do total de OLU existentes no mercado.

Este cenário é também o primeiro em que a percentagem de OLU recolhido seletivamente é mais elevada do que a percentagem de OLU recolhido indiscriminadamente (55% do total produzido é recolhido seletivamente e 45% continua a ser recolhido indiscriminadamente).

Para este cenário, os valores económico-ambientais são os apresentados na Tabela 4.20.

Tabela 4.20 Valores económico-ambientais do cenário 3

Análise Ambiental			Análise Económica		
Indicadores de desempenho	Unidade	Valores	Indicadores de desempenho	Unidade	Valores
Consumo de energia elétrica	MWh	1,76E+05	Venda de óleo tratado	€	2 484 821
Consumo de derivados de petróleo	t	79,5	Tratamento de óleo usado	€	- 881 592
Utilização de substâncias perigosas	t	42,1			
Quantidade de sedimentos	t	341,5			
Quantidade de água residual	t	1 021,1			

Seguindo a tendência verificada para os cenários anteriores, o cenário 3 regista reduções de consumo ainda mais elevadas, sendo que pela primeira vez o consumo de derivados de petróleo fica abaixo das 100 t. É também importante notar que, recolhendo 55% do total de OLU seletivamente a poupança com custos de tratamento de óleo usado/ano ascenderia quase a 1 M€ (881 592 €).

4.3.5. CENÁRIO 4 – APLICAÇÃO DA RECOLHA SELETIVA COM MUITO GRANDE ADESÃO DOS PRODUTORES

O cenário 4, aplicação da recolha seletiva com muito grande adesão dos produtores, refere-se a um valor de adesão de 70%, isto é, 70% do OLU produzido é recolhido seletivamente. Para este valor de adesão, os valores económico-ambientais são os apresentados na Tabela 4.21.

Tabela 4.21 Valores económico-ambientais do cenário 4

Análise Ambiental			Análise Económica		
Indicadores de desempenho	Unidade	Valores	Indicadores de desempenho	Unidade	Valores
Consumo de energia elétrica	MWh	1,17E+05	Venda de óleo tratado	€	2 527 417
Consumo de derivados de petróleo	t	53,0	Tratamento de óleo usado	€	- 587 726
Utilização de substâncias perigosas	t	28,0			
Quantidade de sedimentos	t	227,7			
Quantidade de água residual	t	680,7			

Observando os valores apresentados na Tabela 4.21 é possível confirmar que, face aos fatores económicos e ambientais estudados, quanto maior a percentagem de adesão dos produtores à recolha seletiva mais interessantes serão os valores económico-ambientais estudados.

Comparando diretamente este cenário com o cenário 0, atualmente a situação de referência, é possível verificar desde logo uma redução de 1 610 225 € com custos relacionados com o tratamento de óleo usado e um acréscimo na receita com a venda de óleo tratado de 264 194 €. Somando estes dois valores o lucro resultante da aplicação deste tipo de recolha, com uma percentagem de adesão tão grande como 70% ultrapassaria já os 1,8 M€ (1 874 419 €).

É também importante referir que, com este valor de adesão, os indicadores ambientais estudados registam todas melhorias muito significativas, destacando-se a redução no consumo de energia elétrica, com uma redução total de quase 389,4E+05MWh/ano.

5. DISCUSSÃO

5.1. RESULTADOS GLOBAIS

Observando os valores obtidos para cada um dos cenários é possível confirmar o pressuposto inicial: quanto maior a percentagem de adesão à recolha seletiva, e posterior maior quantidade de OLU recolhido seletivamente, maiores serão os proveitos económicos e ambientais para a entidade gestora deste tipo de resíduos (SOGILUB).

Analisando apenas os indicadores ambientais seleccionados é possível verificar que, mesmo com uma quantidade de OLU recolhido seletivamente de apenas 10%, já é possível registarem-se valores tão animadores como uma redução de 200 t de água residual gerada ao fim de um ano. Quanto maior o nível de adesão, mais positivos serão os valores obtidos, sendo que para um valor de adesão de 70%, para os cinco indicadores ambientais escolhidos, regista-se sempre uma redução superior a mais de metade do valor quantificado na situação de referência.

Relativamente aos valores económicos, estes também são francamente favoráveis, seguindo a tendência verificada para os indicadores ambientais: quanto maior a percentagem de adesão à recolha seletiva, maiores margens de lucro serão registadas.

A observação dos valores de venda de óleo tratado/ano permitem verificar que, mesmo para um valor de apenas 10% os valores do lucro poderão ascender a 93 800 €, com lucros possíveis de 264 194 € se o nível de adesão chegar aos 70%. Para os valores de tratamento de óleo usado/ano, um valor de adesão de 10% resulta numa poupança de 434 766 €, face ao cenário de referência. Este valor de poupança poderá ascender a 924 539 € com um nível de adesão de 35% ou 1 610 225 € se o nível de adesão chegar aos 70%.

Em suma, e de acordo com os valores obtidos para os sete indicadores seleccionados, a recolha seletiva é bastante positiva, tanto numa vertente económica, com a possibilidade de uma grande redução de despesa (com tratamento) e aumento de receita (venda de óleo tratado), como numa vertente ambiental (com a redução do consumo de energia eléctrica, consumo de derivados de petróleo ou redução da quantidade de água residual gerada).

Estes valores são sintetizados na Tabela 5.1.

Compilando os resultados calculados no Capítulo 4 obtém-se a Tabela 5.1, onde se encontram todas as variáveis económico-ambientais estudadas.

Tabela 5.1 Variáveis económico-ambientais estudadas

	Indicadores de desempenho	Unidade	Cenário 0 (sem recolha seletiva)	Cenário 1 (10% adesão recolha seletiva)	Cenário 2 (35% adesão recolha seletiva)	Cenário 3 (55% adesão recolha seletiva)	Cenário 4 (70% adesão recolha seletiva)
Análise Ambiental	Consumo de energia elétrica	MWh	3,91E+05	3,52E+05	2,54E+05	1,76E05	1,17E+05
	Consumo de derivados de petróleo	t	176,6	158,9	114,8	79,5	53,0
	Utilização de substâncias perigosas	t	93,5	84,1	60,7	42,1	28,0
	Quantidade de sedimentos gerados	t	758,8	683,0	493,2	341,5	227,7
	Quantidade de água residual gerada	t	2 269,0	2 042,1	1 474,9	1 021,1	680,7
Análise Económica	Receita com venda de óleo tratado	€	2 263 223	2 357 023	2 428 023	2 484 821	2 527 417
	Custo com tratamento de óleo usado	€	- 2 197 951	- 1 763 185	- 1 273 412	- 881 592	- 587 726

5.2. ANÁLISE TÉCNICA

Considera-se que se contribuiu para demonstrar que tecnicamente é exequível a realização da recolha seletiva de OLU. A simples colocação de um (ou mais) contentor (es) extra nas instalações dos produtores de OLU irá permitir, imediatamente na fonte, a não contaminação do óleo usado. Deste modo, o OLU que é recolhido terá uma qualidade muito superior ao OLU atualmente recolhido.

A não contaminação do OLU na fonte, separado seletivamente pelos produtores, permitirá que o óleo usado recolhido siga imediatamente para o destino regeneração ou reciclagem (de acordo com o tipo de OLU que é produzido), evitando assim a fase de tratamento.

A dimensão deste (s) contentor (es) extra será escolhida pelo produtor, de acordo com os tipos de OLU produzidos, sua quantidade e estimativa de produção futura.

5.3. ANÁLISE AMBIENTAL

Uma vez que o tema em análise é a implementação da recolha seletiva e como esta poderá afetar o SIGOU foram selecionados cinco indicadores de desempenho ambiental, de acordo com a Recomendação da Comissão Europeia 2003/532/CE (C.E., 2003a). Estes indicadores foram calculados, em função da quantidade de óleos usados que poderão vir a ser enviados para tratamento durante um ano, considerando vários níveis de adesão à recolha seletiva.

Os indicadores estudados foram os seguintes:

1. Consumo de energia elétrica evitado;
2. Consumo de derivados de petróleo evitado;
3. Utilização de substâncias perigosas evitadas;
4. Quantidade de sedimentos gerados evitados;
5. Quantidade de água residual gerada evitada.

Estes indicadores referem-se exclusivamente à “fase de tratamento”, isto é, o processo pelo qual o OLU passa antes de seguir para regeneração ou reciclagem.

Relativamente aos indicadores escolhidos, foram considerados os produtos utilizados para que possa ocorrer a fase de tratamento (energia elétrica, *diesel* ou ácido sulfúrico) mas também os produtos que resultam desta fase, e que não têm qualquer aproveitamento futuro, constituindo-se como resíduos.

Como tanto os *inputs* como os *outputs* deste processo têm grande impacte ambiental, foram considerados individualmente nesta análise.

Os indicadores “consumo de energia elétrica/ano evitado”, “consumo de derivados de petróleo/ano evitado” e “consumo de materiais perigosos/ano evitados” referem-se a valores de entrada, isto é, *inputs* que são “utilizados” para que a fase de tratamento se possa realizar.

Os indicadores “quantidades de sedimentos gerados/ano evitados” e “quantidade de água residual gerada/ano evitada” dizem respeito a valores de saída, isto é, *outputs* resultantes da realização do processo de tratamento. No entanto, para chegar a estes indicadores foi necessário, primeiro que tudo, quantificar os valores para o intervalo temporal de um ano.

Com base em Martinho e Pires (2012) foi possível quantificar, para 1 t de óleo usado, uma média:

1. Do consumo de energia elétrica;
2. Do consumo de derivados de petróleo;
3. Da utilização de substâncias perigosas;
4. Da quantidade de sedimentos gerados;
5. Da quantidade de água residual gerada.

Esta média foi calculada com base nas necessidades requeridas para realização da operação de tratamento (*inputs*) e nos produtos resultantes da realização de cada um dos três tipos de tratamento (*outputs*) atualmente praticados em Portugal.

O valor médio dos produtos obtidos nos três tratamentos constituiu-se como o valor a ser aplicado no presente estudo.

Com base nos valores médios obtidos para 1000 kg de OLU tratado foi possível quantificar os valores para diferentes quantidades de OLU não recolhidos seletivamente. Uma vez que o OLU recolhido seletivamente não está contaminado na fonte (indústrias, oficinas/garagens, etc.), pelo que apenas se recolhem tipos específicos de óleo usado, e não uma mistura única de vários tipos, como atualmente acontece.

Deste modo, de acordo com os tipos de OLU que é recolhido, este poderá seguir imediatamente para regeneração ou reciclagem, evitando a “fase de tratamento”.

Observando os valores apresentados na Tabela 5.1, é possível verificar que o valor de óleo usado tratado varia em função do nível de adesão à recolha seletiva, de acordo com o que seria de esperar. Quanto maior a quantidade de OLU recolhida seletivamente, menos OLU será enviado para a fase de tratamento, refletindo-se de imediato numa redução do valor de todos os indicadores ambientais estudados.

Como na situação de referência não é praticada a recolha seletiva, este foi o cenário padrão de comparação com os seguintes, onde são aplicadas diferentes percentagens de adesão à recolha seletiva.

Partindo da Tabela 5.1 foi possível quantificar os indicadores ambientais efetivos, para cada um dos diferentes níveis de adesão à recolha seletiva (Tabela 5.2), ou seja, para cada um dos cenários considerados.

Tabela 5.2 Ganhos ambientais potenciais (face a valores registados para situação de referência)

Indicadores de desempenho	Unidade	Cenário 0 [1]	Cenário 1 (10%)	Cenário 2 (35%)	Cenário 3 (55%)	Cenário 4 (70%)
Consumo de energia elétrica evitado anualmente	MWh	-	0,39 E+05	1,37 E+05	2,15 E+05	2,74 E+05
Consumo de derivados de petróleo evitado anualmente	t	-	17,7	61,8	97,1	123,6
Utilização de substâncias perigosas evitadas anualmente	t	-	9,4	32,8	51,4	65,5
Quantidade de sedimentos evitados anualmente	t	-	75,8	265,6	417,3	531,1
Quantidade de água residual gerada evitada anualmente	t	-	226,9	794,1	1 247,9	1 588,3

[1] Cenário de referência.

Estes valores permitem constatar que:

- Independentemente do nível de adesão à recolha seletiva, os indicadores de desempenho ambiental são sempre favoráveis para qualquer dos cenários, comparativamente à situação de referência;
- Quanto maior o nível de adesão à recolha seletiva, mais favoráveis serão os indicadores de desempenho ambiental.

Comparando os valores entre cenários é possível verificar que, mesmo para um nível de adesão muito baixo (apenas 10% da produção a ser recolhida seletivamente) já é possível evitar o envio de 75,8 t de sedimentos para aterro ou o consumo de 17,7 t de petróleo.

Quando o nível de adesão sobe para os 35% (um valor de adesão que se entende ser perfeitamente alcançável) estes valores ultrapassam o dobro dos conseguidos com uma adesão de apenas 10% da produção recolhida seletivamente. Para um valor de adesão de 55% regista-se um valor de 1 247,9 t/ano de água residual gerada/ano evitada.

Finalmente, com 70% da produção de OLU recolhido seletivamente, os valores ambientais registam sempre poupanças de pelo menos 64 t/ano, e valores mínimos de 123 t/ano se o indicador “utilização de substâncias perigosas/ano” for excluído. Relativamente ao consumo de energia elétrica, registar-se-ia uma poupança de 2,74 E+05 MWh/ano, que se considera bastante significativo.

Em síntese, os valores apresentados na Tabela 5.2 são bastante positivos, permitindo concluir que ambientalmente a implementação da recolha seletiva é, potencialmente, muito favorável.

5.4. ANÁLISE ECONÓMICA

Do ponto de vista económico, foram estudados os custos anuais relacionados com o tratamento de óleo usado, bem como as receitas provenientes da venda de óleo tratado.

Para o tratamento de óleo usado foram quantificados os custos que a empresa SOGILUB teve com o tratamento de óleo usado, em função da quantidade total que foi tratada. Deste modo, foi possível quantificar o custo de tratar uma tonelada de óleo usado.

Como para o cenário 0 não se regista qualquer valor percentual de adesão à recolha seletiva, este regista o custo mais elevado relacionado com o tratamento de óleo usado, já que nenhuma quantidade segue diretamente para regeneração ou reciclagem.

No entanto, com a aplicação da recolha seletiva regista-se uma redução crescente do custo relacionado com o tratamento de óleo usado, pois o óleo passa a ser recolhido seletivamente em maiores quantidades, levando a que possa ser dispensada a fase de tratamento, seguindo o óleo usado diretamente para regeneração ou reciclagem, de acordo com o tipo de OLU recolhido.

Com a implementação da recolha seletiva os valores de tratamento baixariam consideravelmente, sendo que 10% de produção recolhida seletivamente conduziria logo a uma poupança de 434 766 €.

Caso o valor recolhido seletivamente chegasse a 35% a redução de despesa com o tratamento ascenderia quase a um milhão de euros (924 539 €), ou seja, quase metade do custo que representou o tratamento no ano de 2011 (SOGILUB, 2012).

Níveis de adesão de 55% e 70% seguem a tendência dos cenários anteriores, sendo que para o cenário 4 a poupança chegaria quase a 1/3 do que foi gasto em 2011. Estes valores podem ser conferidos na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 Ganhos económicos potenciais (face a valores registados para situação de referência)

Indicadores de desempenho	Unidade	Cenário 0 [1]	Cenário 1 (10%)	Cenário 2 (35%)	Cenário 3 (55%)	Cenário 4 (70%)
Receita anual com venda de óleo tratado	€	-	93 800	164 800	221 598	264 194
Poupança anual com tratamento de óleo usado	€	-	434 766	924 539	1 316 359	1 610 225

[1] Cenário de referência.

Relativamente aos valores da venda de óleo usado tratado, estes são obtidos multiplicando as quantidades de OLU que seguem para regeneração e/ou reciclagem pelos valores médios de venda (quantificados segundo o valor de receita obtido no ano de 2011 pela SOGILUB).

Analisando os valores de óleo usado potencialmente gerado no mercado nacional e o destino do mesmo, foi possível chegar à conclusão que 72% do óleo usado potencialmente gerado no mercado nacional poderá seguir para regeneração, sendo que os restantes 28% poderão seguir para reciclagem.

Aplicando esta percentagem, tanto ao OLU recolhido seletivamente (óleo usado que não passa pela “fase de tratamento”), como ao OLU que não é alvo de separação seletiva (óleo usado que passa pela “fase de tratamento”), resultam os valores de OLU que serão destinados a regeneração e reciclagem.

Somando os valores da venda de OLU destinado a regeneração e a reciclagem resultam os valores anteriormente apresentados na Tabela 5.2.

Comparando estes valores com o cenário de referência (Tabela 5.3), é possível verificar que a margem de lucro cresce com o aumento do nível de adesão à recolha seletiva. Esta é, aliás, a tendência verificada também para o tratamento de óleo usado.

Este aumento de receitas proveniente da venda de óleo tratado para os diferentes cenários considerados é justificado com a redução das perdas de óleo usado. Quando este é tratado, isto é, quando o óleo usado é recolhido seletivamente, não necessita de passar pela fase de tratamento e, portanto, 100% do que é recolhido resulta em óleo remetido para regeneração e/ou reciclagem.

No entanto, caso o óleo usado não seja separado seletivamente, será remetido para a fase de tratamento, resultando isso numa redução do valor de óleo usado destinado a regeneração e/ou reciclagem.

Deste modo, quanto maior o nível de adesão à recolha seletiva menor o nível de perda de óleo usado eventualmente tratado. No entanto, esta margem de lucro é substancialmente mais baixa que a verificada para o tratamento de óleo usado. Ainda assim, os dois indicadores de desempenho económico escolhidos são bastante prometedores, quanto à aplicação da recolha seletiva a OLU.

Em suma, os valores apresentados na Tabela 5.3 são bastante positivos, permitindo concluir que também economicamente a implementação da recolha seletiva é, potencialmente, muito favorável.

6. CONCLUSÕES

6.1. SÍNTESE CONCLUSIVA

Um sistema de gestão de OLU é uma estrutura de meios humanos, logísticos, equipamentos e infraestruturas, concebidos para efetuar as operações inerentes à gestão deste tipo de resíduos. A prestação do serviço inicia-se na sua recolha terminando na sua valorização.

Num sistema de gestão de OLU a vertente do tratamento representa uma das componentes mais dispendiosas do sistema, pelo que é imperativo uma gestão cuidada e eficiente. Este tipo de gestão terá de ir de encontro à recolha de óleo usado de melhor qualidade, para que possam ser minimizados os custos com tratamento e maximizadas as receitas com a venda de OLU tratado.

Por este facto, a recolha seletiva de OLU deve ser objeto de uma cuidada análise, recorrendo-se à determinação de um conjunto de indicadores que permitam avaliar e caraterizar a sua implementação, face ao atual cenário de referência.

Antes de se partir para a determinação e estudo dos indicadores selecionados, realizou-se primeiro uma análise sobre o atual sistema de separação e recolha de OLU, por forma a avaliar se tecnicamente seria viável a sua realização.

Como o atual sistema se baseia numa recolha indiferenciada, e apesar de cada produtor usar sempre mais do que um tipo de OLU, acaba por posteriormente juntar os vários tipos de óleo usado no mesmo contentor. Deste modo, quando este resíduo é recolhido e entregue à entidade gestora, os produtores classificam erradamente o óleo usado que geraram (sendo que em mais de 80% das recolhas é atribuída a designação mais genérica). Tal facto inviabiliza uma caraterização da produção atual de OLU e, consequentemente, a atual base de dados que a SOGILUB dispõe.

No entanto, e uma vez que alguns produtores possuem mais do que apenas um contentor nas suas instalações, a colocação de um contentor extra permitiria, a montante, uma separação imediata do óleo usado que é produzido.

Este contentor (ou contentores, escolhido de acordo com os tipos e quantidades produzidas) teria a dimensão que o produtor desejasse, de acordo com os níveis de produção esperados.

Da revisão da literatura constatou-se que, a nível europeu, já existem princípios de aplicação da recolha seletiva a este tipo de resíduos. No entanto, não existe uma separação na fonte restrita aos vários tipos de OLU recolhidos (como acontece atualmente com os RSU). Contudo, foram encontradas referências internacionais (ADEME, 2012), que relatam que o caminho poderá ser nessa direção, quando óleos usados livres de contaminação contribuem para que o produtor responsável seja recompensado financeiramente (pois a venda desse óleo será mais lucrativa).

Tais ideias vão de encontro à solução proposta que permite, numa fase inicial, uma não contaminação da produção e, posteriormente, permitirá caraterizar a produção de óleos usados em Portugal, bem como a capacidade de separação por parte dos produtores. Este modelo, a ser aplicado, dependerá a 100% da participação/adesão dos produtores de óleo usado.

Ainda assim, faltava estudar a viabilidade económica e ambiental da sua prática. Por este motivo foram calculados alguns indicadores, apresentados na Recomendação da Comissão

Europeia 2003/532/CE, por forma a melhor estudar a implementação de tal recolha a nível económico e ambiental.

Para tal, foram considerados cinco indicadores ambientais (consumo de energia elétrica/ano evitado; consumo de derivados de petróleo/ano evitado; utilização de substâncias perigosas/ano evitadas; quantidade de sedimentos gerados/ano evitados; quantidade de água residual gerada/ano evitada) e dois indicadores económicos (venda de óleo tratado/ano e tratamento de óleo usado/ano), calculados com base em valores anuais obtidos pela SOGILUB e na literatura de referência sobre o tema estudado.

Os valores obtidos, tanto a nível ambiental como a nível económico, foram bastante positivos quanto à aplicação da recolha seletiva ao atual SIGOU. No entanto, esta análise carece de uma avaliação que inclua os impactes económicos e ambientais de tal procedimento nos circuitos de recolha, assim como os níveis efetivamente esperados de adesão à recolha seletiva, por parte dos produtores.

Contudo, acredita-se que os resultados obtidos neste trabalho possibilitarão à entidade gestora deste fluxo, a SOGILUB, ter um referencial de comparação (o ano de 2011) e um conjunto de indicadores que podem servir, neste momento, como informação útil sobre o tema.

Estudos semelhantes, a realizar a curto e médio prazo, permitirão avaliar os níveis de adesão dos produtores a tal sistema de recolha, sendo estes valores sensíveis a ações como campanhas de sensibilização de comportamentos ou compensações financeiras por boas práticas, que poderão fazer aumentar os níveis de adesão consideravelmente.

6.2. LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Este trabalho teve, à partida, uma mais-valia que se considera importante: possuir bastantes recursos e meios importantes para apoiar a sua realização.

Acontece que, apesar de em teoria existir um grande número de meios e recursos, estes desde muito cedo se demonstraram menos eficientes do que se poderia, à partida, pensar. De facto, a colaboração das empresas do setor foi muito limitada, estando estas mais interessadas em manter a confidencialidade e a não conceder informação, que propriamente a ajudar na realização do estudo. Não obstante, é importante referir que foi com base em dados facultados por uma destas empresas que foi possível concluir que a caracterização de OLU segundo os códigos LER não corresponde a informação fiável.

Durante esta dissertação foi possível verificar que a indústria dos resíduos, e em particular a dos OLU, demonstrou ser uma indústria fechada, onde alguns dados simplesmente não foram facultados, por as empresas terem receio que pudessem ser usados pelas suas concorrentes.

Ainda assim, e pelo facto dos resultados obtidos terem sido calculados com base em dados reais e em aproximações plausíveis, as conclusões servem já como indicador aproximado dos resultados, tanto económicos como ambientais, que se poderão obter com a aplicação da recolha seletiva ao sistema de recolha e tratamento de OLU.

Como recomendação futura, e por forma a complementar este trabalho, recomenda-se a inclusão de uma investigação que compreenda o estudo e análise de circuitos de recolha de OLU (tanto a

nível de planeamento como de otimização), com enfoque particular na análise económica e ambiental deste tipo de recolha. Deste modo, poderiam depois ser quantificados outros indicadores ambientais e económicos, permitindo uma melhor e mais precisa análise sobre os efeitos que a recolha seletiva terá, tanto a nível ambiental como a nível económico.

Por fim, e uma vez que este trabalho se centra no modo como a implementação da recolha seletiva poderá afetar o ambiente e a sociedade gestora de OLU (SOGILUB), é importante avaliar como será efetivamente praticada a separação de OLU, realizando primeiro um estudo de mercado por forma a quantificar os óleos usados efetivamente gerados (como foi realizado pela agência ADEME em França) e, numa fase posterior, estudar a aplicação e o nível de adesão dos produtores à separação seletiva, com recurso à aplicação dos contentores extra para separação individualizada de óleo usado.

Nestes estudos seriam analisadas as principais dificuldades inerentes à correta caracterização da atual produção de OLU em Portugal, e quantificados os custos que possam vir a estar associados às dificuldades de implementação do processo de recolha seletiva, tais como:

1. Custos associados aos contentores extra;
2. Custos associados ao transporte de diferentes tipos de óleos usados (que poderá ser realizado no mesmo veículo ou em diferentes veículos, de acordo com os compartimentos que cada um possui);
3. Outros impactes ambientais resultantes da aplicação da recolha seletiva (como emissões de gases com efeito de estufa por parte dos veículos que realizam a recolha).

Para além do real nível de adesão à recolha seletiva, que vier a ser conseguido, o conhecimento mais aprofundado de todos os custos, não quantificados nesta dissertação, permitirá obter a conclusão “final” sobre o real valor deste tipo de recolha, aplicado a OLU.

No entanto, para tal será necessário consultar as empresas de recolha e transporte de OLU, alvos prioritários deste tipo de estudo, os quais possuem dados importantes que poderão ser úteis, tanto a nível económico, como a nível ambiental. Paralelamente, este tipo de empresas poderão assumir, num futuro próximo, um papel ainda mais importante no âmbito da implementação deste sistema de recolha: estas empresas poderão constituir-se como os principais agentes na promoção do sistema e na ajuda ao seu desenvolvimento, para que este possa evoluir tornando-se o mais sustentável e completo possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEME (2010). *Etude de la Gestion de la Filiere de Collecte et de Valorisation des Huiles Usagees dans Certain Pays de l'UE*. Agence de L'Environnement et de la Maîtrise de L'Énergie. France.

ADEME (2012). *Collection Repères – 2011 Data Summary*. France. Disponível em < www.ademe.fr > e acedido dia 21 de março de 2013.

AEA (2013). *Europe's Environment – The Dobris Assessment:Chapter 36: Waste production and management — The problem*. Agência Europeia para o Ambiente. Disponível em < <http://www.eea.europa.eu/publications/92-826-5409-5/page036new.html> > e acedido dia 17 de janeiro de 2013.

ALCOBIA, A. (2009). *Desenvolvimento de um Modelo Conceptual para a Análise do Ciclo de Vida (ACV) de Tecnologias de Tratamento e Valorização de Óleos Usados*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Perfil de Gestão e Sistemas Ambientais. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Monte de Caparica.

C.E. (2003a). *Recomendação da comissão, de 10 de julho de 2003 relativa a orientações para a aplicação do Regulamento (CE) n.º 761/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho, que permite a participação voluntária das organizações num sistema comunitário de ecogestão e auditoria (EMAS) no que se refere à seleção e utilização de indicadores de desempenho ambiental*. Jornal Oficial da União Europeia L 184/19. Disponível em < <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:184:0019:0032:PT:PDF>> e acedido dia 21 de julho de 2013.

C.E. (2003b). *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries*. Disponível em < http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ref_bref_0203.pdf > e acedido dia 10 de janeiro de 2013.

C.E. (2006). *Integrated pollution prevention and control – Reference document on Best Available Techniques for the waste treatments industries*. Disponível em < http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wt_bref_0806.pdf > e acedido dia 10 de janeiro de 2013.

CLIFT, R., WRIGHT, L. (2000). *Relationships between Environmental Impacts and Added Value along the Supply Chain*. Technological Forecasting and Social Change, 65 (3), 281-295

CONCAWE (1996). *Collection and disposal of used lubricating oil*. Relatório n.º 5/96. Bruxelas. Disponível em < <http://www.concawe.be> > e acedido dia 3 de dezembro de 2012

CONVENÇÃO DE BASILEIA (1995). *Technical Guidelines on Used Oil Re-Refining or Other Re-Uses of Previously Used Oil*. Basel Convention series/SBC No. 02/05. First Published in 1997 and reprinted in November 2002. Genève. Disponível em < <http://archive.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-r9.pdf> > e acedido dia 10 de julho de 2013.

Decreto-Lei n.º 153/2003, de 11 de julho de 2003. Diário da República, n.º 158, Série – I-A. Ministérios das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho de 2011. Diário da República, n.º 116, 1ª Série. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.

Despacho Conjunto n.º 662/2005, de 6 de setembro. Diário da República. II SÉRIE. N.º 1. p. 12 995. (Documento que concede à SOGILUB – Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda., licença para exercer a atividade de gestão de óleos usados nos termos do presente despacho). Disponível em <
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ecolub.pt%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D21%26%26Itemid%3D46&ei=kWjsUcyHEdKxhAfulYG4CQ&usg=AFQjCNHb7Qo-h9jEB_wli7_Ne7YAtrWcwg&sig2=m-hygB0GpmZAY5Gc9Nnw> e acedido dia 22 de julho de 2013.

Diretiva n.º 75/439/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de junho de 1975. Jornal Oficial n.º L 194, de 25/07/75 pp: 39-41. Luxemburgo: CEE.

Diretiva n.º 87/101/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de dezembro de 1986. Jornal Oficial n.º L 042, de 12/02/1987 pp: 43-47. Luxemburgo: CEE.

Diretiva n.º 2003/87/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de outubro de 2003., relativa à criação de um regime de comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estudo na Comunidade e que altera a Diretiva 96/61/CE do Conselho. Jornal Oficial n.º L 275/32, Luxemburgo: CEE.

Diretiva n.º 2008/98/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro de 2008. Jornal Oficial n.º L 312, de 22/11/2008. Luxemburgo: CEE.

ENVIROIL (2012). *Regeneração de óleos em Portugal*. Departamento de Engenharia Química, Universidade de Coimbra. Disponível em <
http://www.uc.pt/fctuc/deq/ciepgpf/research_seminars/seminars_pdf/regeneracao_oleos_usados_em_Portugal.pdf> e acedido dia 10 de julho de 2013.

EPA – U. S. Environmental Protection Agency (1995). *SITE Technology Capsule – TEXACO Gasification Process*, EPA. Cincinnati, Ohio.

FULLANA, P. (2005). *Waste Agency of Catalonia, Government of Catalonia, in response to the Consultation issued by the EC DG Environment on the Directive 75/439/EEC on waste oils*. Waste Agency of Catalonia, Ministry of Environment, Government of Catalonia, março de 2005.

GIOVANNA, F.D., KHLEBINSKAIA, O., LODOLO, A., MIERTUS, S. (2005). *Compendium of Used Oil Regeneration Technologies*. International Centre for Science and High Technology. United Nations Industrial Development Organization. Trieste, 2003.

JMFF (2012). Registo anual de recolhas de OLU efetuadas pela Empresa José Maria Ferreira e Filhos, Lda. a produtores de OLU, no ano de 2012.

LOBATO FARIA, A., CHINITA, A. T., FERREIRA, F., PRESUMIDO, M., INÁCIO, M. M, GAMA, P. (1997). *Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Grupo de Tarefa para a Coordenação do Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos, Ministério do Ambiente, Lisboa.

LOPES, D.R. (2010). *Gestão Ambiental: Implementação de um Plano de Gestão de Resíduos*. Dissertação de Mestrado em Medicina Veterinária. Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade Técnica de Lisboa.

MARTINHO, G., GONÇALVES, G., SILVEIRA, I. (2011). *Gestão Integrada de Resíduos*. Edição da Universidade Aberta.

MARTINHO, G., PIRES, A. (2012). *Life cycle assessment of a waste lubricant oil management system*. International Journal Life Cycle Assess (2013) 18:102–112.

MONIER, V., LABOUZE, E. (2001). *Critical review of existing studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration of waste oils: Final report*. Taylor Nelson Sofres Consulting e Bio Intelligence Service, dezembro de 2001.

LER (2004). *Lista Europeia de Resíduos*. Consultado no site NetResíduos. Disponível em < <http://www.netresiduos.com/pt/codigosler.asp?id=1345&mid=230> > e acedido dia 3 de dezembro de 2012

PINTO, R. (2008). *Gestão do Risco de Preço dos Óleos Base com Futuros e Forwards*. Dissertação de Mestrado em Finanças. Faculdade de Economia, Universidade do Porto.

PIRES, A. (2013). Comunicação Pessoal.

RAMALHO, M. (1956). *Introdução ao estudo da lubrificação: Princípios gerais, propriedades, aditivos, breves referências à lubrificação nos motores de explosão*. Curso de Introdução ao estudo da lubrificação, promovido pela Associação de Estudantes do Instituto Superior Técnico, com a colaboração dos Serviços Culturais da Shell Portugal, S.A.R.L. Instituto Superior Técnico.

ROSA, H. (2009). *Avaliação Ambiental e Económica das Externalidades na Análise de Ciclo de Vida: o caso dos óleos usados em Portugal*. Dissertação de Mestrado, perfil Gestão e Sistemas Ambientais. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

RUSSO, M.A.T., 2003. *Tratamento de Resíduos Sólidos. Textos de apoio aos alunos da disciplina de TRS*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Disponível em < http://www1.ci.uc.pt/mhidro/edicoes_antigas/Tratamentos_Residuos_Solidos.pdf > e acedido dia 7 de dezembro de 2012

SALHOFER, S., WASSERMANN, G., BINNER, E. (2005). *Strategic environmental assessment as an approach to assess waste management systems, experiences from an Austrian case study*. Environmental Modelling & Software, 22 (5), 610-618.

SOGILUB - Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda. (2006). *Unidade de regeneração de óleos usados em Portugal: Estudo de viabilidade técnica*. Lisboa.

SOGILUB - Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda. (2012). *Relatório de actividades de 2011*. Lisboa.

UEIL (2012). *UEIL (Union of the European Lubricants industry) views on application of EMCS to lubes and review of the Energy Taxation Directive*. UEIL Annual Congress, Lisboa. Disponível em < <http://content.yudu.com/A2gaft/LubeOct2013/resources/42.htm> > e acedido dia 7 de Novembro de 2012.

UNEP (1995). *Technical Guidelines on Used Oil Re-Refining of Other Re-Uses of Previously Used Oil*. Convenção de Basileia: UNEP, ISBN: 92-1-158605-4.